台灣省農業試驗所特刊第 63 號

植物遺傳資源－未來植物生產的關鍵

張德慈　著

台灣省農業試驗所　編印
中華民國八十六年四月

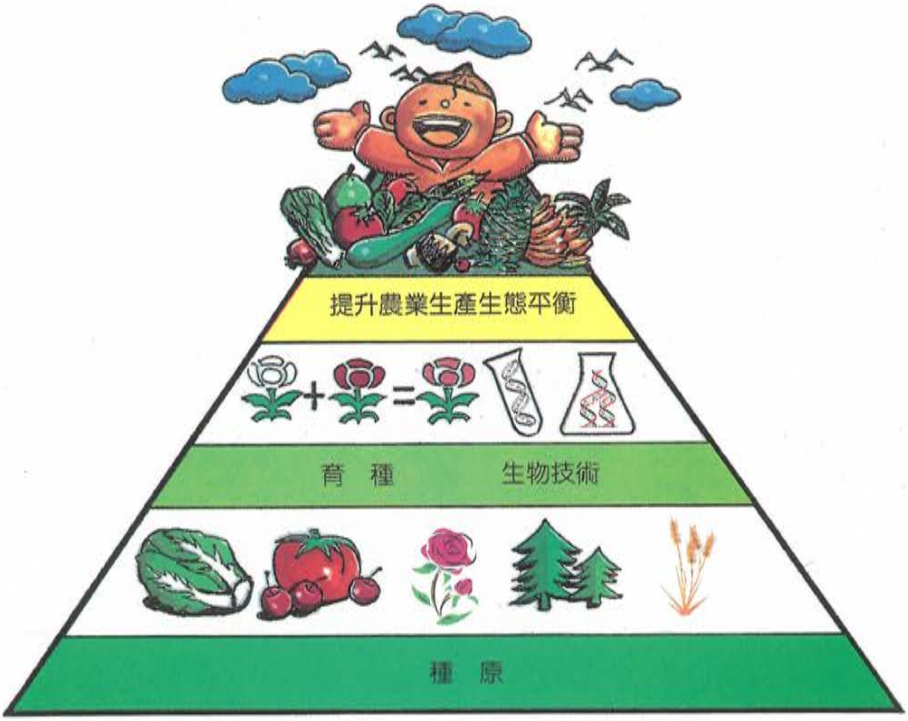
台灣省農業試驗所特刊第 63 號

植物遺傳資源－未來植物生產的關鍵

張德慈　著

范明仁　黃宜玫　製訂

范明仁　黃宜玫　陳述　李紅曦　郭益全　張義璋　譯校



台灣省農業試驗所　編印

中華民國八十六年四月

古序

作物遺傳資源的收集、保存、評估與利用，對於人類經由植物獲取糧食及其他必需品而言，扮演關鍵性的角色；尤其在現今人口急速增加的環境來說，更是迫切。眾所皆知，植物的遺傳變異是作物品種改良的基礎。當我們的土地漸漸開發為工商業及住宅用地，現代高產量的作物品種漸漸取代了原有地方種、野生種及雜草近緣種，使生物歧異度大幅降低，甚至一些生物種也逐漸面臨了滅絕的危機。因此如何保存主要作物的遺傳資源，以及恢復遺傳歧異度，是世界各國所關心的重要課題。

本書是根據張德慈博士應邀在美國愛荷華州立大學 1984 年所作植物學專題系列的六章演講，原以英文刊載於「Iowa State Journal of Research」(1985 年 5 月份出版第 59 卷第 4 期)。本書內容概分為六篇，綜述了作物遺傳資源保育的原理、作物種原的收集、保存、評估與資料彙整、增新與利用等實施方法與技術。

張德慈博士曾為國際稻米研究所稻作遺傳資源中心主任，係該所傑出種原評估利用計畫的關鍵成員，曾榮獲 1990 年 Frank N. Meyer 植物種原保育獎章，並於民國八十五年榮膺為中央研究院院士，美國國家科學院稱崇他為全球作物種原保育及利用之權威。本書除了張博士就其一生中從事種原工作實際經驗心得撰寫而成外，書中「作物歷史與遺傳質保育：稻－專案研究」一篇，描述了歷史上作物與人類共同演進發展的案例。全書中並就作物種原保育對環境資源之重要性及目前生物技術對種原保育之改進等加以論述。本書之順利出版，將可供為種子保存、育種及相關研究人員極佳之參考。茲值付梓，樂為之序。

古德業

古德業

八十六年四月

引 言

書中「作物歷史與遺傳保育：稻一專案研究」一篇，描述了在歷史上稻作與人類共同演進發展的特色案例。篇末並附上機構/單位名稱縮寫表，本書常用植物學名對照表及植物保育工作上常用名辭的中、英文對照表，以供參考。本書第一篇至第三篇由范明仁博士、黃宜玫翻譯；第四篇由陳述翻譯；第五篇由李紅曦翻譯；第六篇由郭益全博士翻譯。全書並由張德慈博士、范明仁博士、張義璋先生審校，並由張德慈博士悉心修編並插入了 1984 年至今的最新資訊與感觸性與展望性的尾語。因此本書誠為直接從事種原保育工作及植物育種者之重要參考。

本書之能順利出刊，亦要感謝農委會在經費上之補助(計畫編號：86 科技-1.5-糧-06)，及農試所作物種原室相關同仁之努力。

目　　錄

古序

引言

目錄

第 1 章、遺傳資源保育的原理 1

第 2 章、作物種原的收集 25

第 3 章、作物種原的保存 39

第 4 章、作物種原的評估與資料彙整 57

第 5 章、種原的增新及利用 75

第 6 章、作物歷史與遺傳質保育：稻一專案研究 99

附錄一：機構／單位名稱縮寫表 125

附錄二：本書常用植物學名對照表 127

附錄三：作物保育工作上常用科學名辭中英對照表 129

引用文獻 137

第1章、遺傳資源保育的原理

摘要 人類需要保存自然資源以因應人口的迅速增加，植物種原對人類福祉亦具關鍵性的影響。自農業開始以來，植物種原就不斷的減少。近來植物的育種加速了作物種原的侵蝕。農民採用F_1雜種，半矮稈小麥和半矮稈水稻，更進一步減縮了主要糧食作物的遺傳基礎。保存主要糧食作物的現存遺傳資源，以及恢復遺傳歧異度，對於養活這世界上尤其是開發中國家持續增加的人口而言是非常迫切的。

經由追溯保存作物種原的演變歷史，成功的收集與引種可獲得擴大遺傳資源範圍之成果。第二次世界大戰之後，未改良的地方品種被大規模取代，引起了作物學家的關注。有關會議曾提出了某些遺傳保存的合理步驟。自1960年代以來，所有國際農業研究中心(IARCs)，包括國際遺傳資源委員會(IBPGR)，就分擔負起糧食作物有系統的收集、保存、評鑑、分贈及利用等主要責任。

本文綜述了遺傳資源的範圍、此範圍內不同部份的用途、保育目標、保育體系，以及作物種原保育利用之策略均加以討論。

索引述詞：植物遺傳資源(plant genetic resources, PGR)，作物種原(crop germplasm)或遺傳資源(genetic resources)，遺傳質的保育(genetic conservation)，植物探索(plant exploration)，植物引種(plant introduction)，遺傳質的流失(genetic erosion)，田間收集(field collection)，基因庫(gene banks)，全套材料(base collection)，常用材料(active collection)，遺傳資源的類別(spectrum of genetic resources)，原有地方品種(land races)，野生種(wild species)，雜草型種(weed races)，保育策略(conservation strategy)，保育體系(conservation systems)。

1.1 引言

1.1.1 保育的重要性和保存範圍

保育的廣泛定義為：「人類利用對生物圈(亦即：全部生物)的管理，使其能給予當代人最大持久的利益，同時維持它的潛力以滿足後代的需要和期望」(IUCN-UNEP-WWF, 1980)。因此保育包括貯藏、持續利用、提昇以及復育，而其發展應維持人類經濟利益的生態系統，並應有完善的管理相互結合(Holdgate, 1978; Prescott-Allen和Prescott-Allen,1982)。

1962年美國女作家Rachel Carson撰寫了「寂靜的春天」(Silent Spring)一書，其後1970年又續著了「寂靜的春天以來」(Since Silent Spring)，這激起了許多美國大眾對生物保存的了解與關注。這兩本書及過去20年來其他的出版品，使人類普遍意識到：人類在利用自然環境過程中，若有濫用可能導致自然資源繼續毀壞，反之，則可使自然資源得以保存或提昇，此種情勢在日益擴大中。

世界正面臨著社會、經濟及政治的抉擇，無論國內或是國際上，都非常需要調整人們的取決與行動，使其合理化，這些抉擇將影響人類未來的福祉。

1.1.2 從植物中取得更多糧食的需要

植物提供了地球上所有生命的基礎。世界上高等植物中，已發現大約有240,000種的開花植物，其中多達50,000個熱帶品種將會受到威脅，將在本世紀末逐漸減少或滅絕(Raven, 1976)。

至少有3,000個植物生物種(species)被用做食物，現在的主要糧食作物已減少到15個物種(Mangelsdorf, 1966)。當今，每年僅有30種作物生產超過一千萬噸。其中七種作物--小麥、稻米、玉米、馬鈴薯、大麥、甘藷和樹薯目前被廣泛種植，每種作物的年總產量超過一億噸。若以可食用的乾物質來表示，12種主要作物是小麥、玉米、稻米、大麥、馬鈴薯、大豆、甘蔗、黍類(高粱)、甘藷、燕麥、粟和樹薯(Harlan和Starks, 1980)，其中稻米、小麥與玉米佔全世界人口熱量供給來源的60%以上(FAO, 1990)。

這些作物的來源都是野生種，經歷了馴化，選拔，傳播，突變，雜交和分離-選拔循環。毫無疑問地重複的基因滲入(introgression)在若干主要禾穀類作物的進化過程中起了重要作用，並豐富了它的基因團(gene pools)(Harlan, 1961, 1965, 1975a, 1976b; Chang, 1976a, 1976b)。

從1980年代以來科學家們格外著重種原之必要，亦從歷史、地理與經濟多方面分析，更了解不同地區與國家間在早年的交換與利用，使各國受惠，無法獨佔其利，因此相互受惠與依賴(interdependence)漸為學界人士之共識(見Kloppenbarg 1988a, b)，甚至推測下一世紀將為「種子戰爭」(seed war)攪亂全球。

圖1.1中描繪了新石器革命(約西元前10000年)和工業革命(約於1760年在英國開始)之後世界人口的急劇增加及其繼續的趨勢。本世紀後半期人口爆炸已導致了第三世界人口稠密國家過份擁擠及營養不良。儘管有小麥和水稻的「綠色革命」，但糧食產量的顯著增加只勉強跟上人口的增加，這主要是由於1970年代初期以來極高的人口成長比率，使開發中國家每人糧食產量低於所需量(IRRI, 1982a)。到2000年，世界人口將從1983年的47.2億增加到61.2億(UN, 1981)和63.4億(Chang, 1984a)之間。

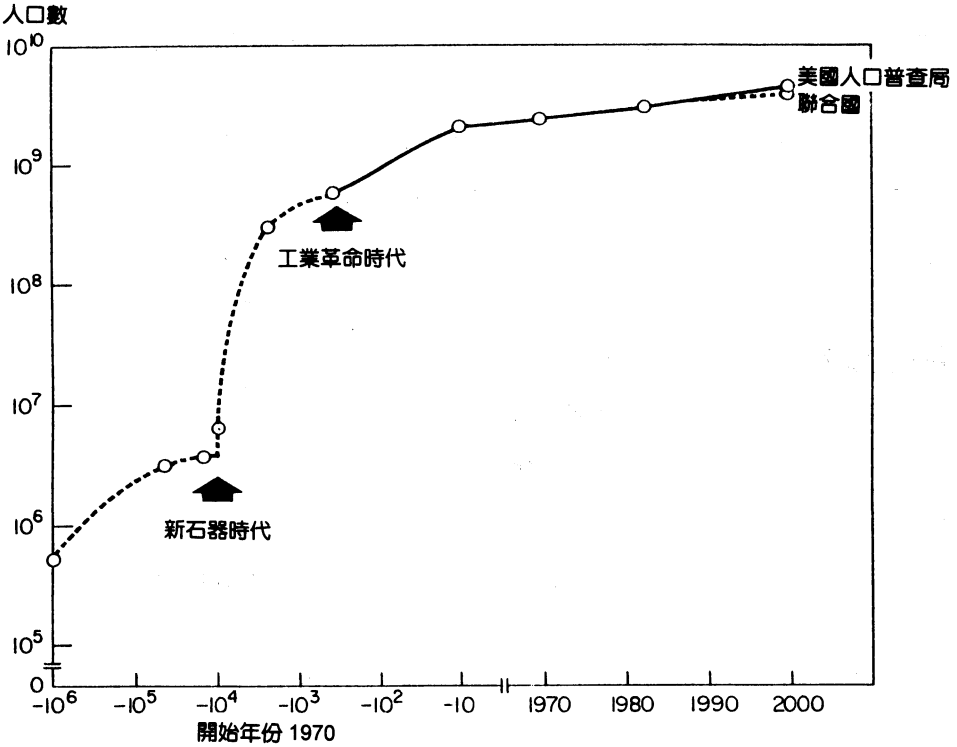


圖1.1 最近一百萬年世界人口的成長(由Bennett，1971年結果改編並擴展而成)。本圖根據1983年8月美國人口普查局報告及聯合國人口研究第78號繪製

未來糧食產量劇增的前景，比過去幾十年似乎希望更小，因為大部份亞洲季風區的可耕地都已被開發和利用，未開發而有潛力可用的土地，僅在巴西和非洲的某些地方被發現。邊緣地帶的利用，將會因砍伐森林、興建灌溉及排水設施而破壞現有的生態系統。糧食產量的進一步增加，將取決於每單位土地作物產量的改進，以及更有效的耕作體系，使每年單位面積上能生產更多的糧食；也要降低生產成本並減少使用對環境造成有害的農業化學藥品與肥料以及劣質灌溉水。

1.1.3 作物種原遺傳質的流失

自從科學化的植物育種開始以來，自然資源中的作物種原不論在數量上，或是種內遺傳變異量的遺傳歧異度，皆顯現出急劇的衰落(見Bennett, 1970b; NAS, 1972; Frankel, 1973, 1974; Harlan, 1975a)，尤以亞洲為首(Chang, 1994c)。隨著過去四十多年的快速發展，作物種原一直以極快的速度不斷的減少，甚至消失。當農民、消費者、加工業以及政府要求新品種間的遺傳一致性時，卻導致主要糧食作物的遺傳基礎急劇的下降。改良品種的迅速擴展，取代了傳統的未改良品種(地方品種)，並加速其滅絕。愈來愈大的一致性趨勢，增加了主要作物對流行病蟲害潛在的遺傳脆弱性

(Anon., 1969; NAS, 1972)。此外，遺傳改良所需的廣大遺傳基礎持續的縮減(Creech and Reitz, 1971)。十分矛盾的是，遺傳質的流失卻是植物育種成功的副產品(Paddock, 1970; Hawkes, 1983)。

除了由於開發森林、水利與建設等工程導致的種原流失外，不可計數的作物種原亦因設備不良、經費缺乏、人員不足或不力，亦在種原庫中死亡，誠為對保育工作的一大諷刺。

1.1.4 為將來需要必須保存遺傳資源

過去一個世紀內植物育種者利用現存的遺傳變異，帶來了可觀的進步成果。無論是自發性的或是誘發性的突變，即使很少，也為基因團提供了額外的基因。

未來植物育種的成果將取決於種原持續且擴增的供應。所有作物種原利用者所面臨的緊急任務，就是挽救及保存這些不斷減少，且部份還未得到適當保育的資源，以滿足下列迫切的需要:

1.把主要病蟲害損失減到最低程度 。

2.防治新的病蟲害或新的生物型(biotypes)。

3.耐逆境--乾旱、不良土質、過濕、極端溫度、強度紫外線輻射和污染物質。

4.把耕作制度拓展到新的領域--新環境、動物群及植物群。

5.改進物理/營養品質。

6.增加乾物質與穀類產量的生理效能(Chang 等,1979)。

同時，應採取措施加強保護在各種種原庫中所保存的種原，這些種原正面臨了因種原流失和因疏忽而造成的遺傳質流失的威脅(Reitz, 1976; Mengesha 和 Rao, 1982; IBPGR, 1983a; Goodman, 1984; Anon., 1992)。遺傳質的流失是一種無法回復的過程。

最後，應加強各國保育工作，以充份利用可用的種原，考慮國家內或國際間的合作計畫，以確保自由交換，並使作物科學家能夠充份的評鑑與利用基因庫內材料。此外並致力於共同合作與多種學科綜合研究，不論是就地保存(*in situ*)或異地保存(*ex situ*)的材料，都要確保其安全。由此，主要作物的種原保育可供當代或後代人類的利用。

所以，遺傳歧異度的保存，既是一種保險，也是一種維持並改進未來糧食生產的投資。並且，這也是一種防止有用的植物品種滅絕的道德原則(IUCN -UNEP-WWF, 1980; Chang, 1994c)。

1.2 生物保育的開始

在新石器時代(亦稱為新石器革命)以前，人們完全依賴直接由鄰近自然環境而獲得食物，包括了由狩獵，捕殺，漁獵及採集而獲得的動、植物。在人類徒步所能及的範圍之內，早期與後期的狩獵者保持著一種人類族群與野生食物來源以及周圍環境之間的平衡。

大約在一萬年以前，當早期的農業開始在某些農業起源地發展時，晚期的狩獵者就定居在那些培育動植物而又能與周圍的環境相協調的地點。定居的生活型態導致了社會的形成。這種社會-政治的變化帶來了新意識：多變的環境決定食物供給的豐盈或短缺。若干關係到環境脆弱性的宗教儀式和習俗，毫無疑問地在這種改變之下產生。

由於在定居生活型態下人口成長比在遊牧生活型態下要快，人口的壓力使人類意識到必須保護生物資源，以便確保社會中食物的供應。不久之後，出現了大量的人口遷移以解決食物來源的短缺。

在中國，孔子(551-479 B.C.)的學說，對於漁獵時應保存動物資源的必要性提出了呼籲。在春秋戰國(772-221 B.C.)時代，政府制定法令以保護森林；後續的法令包括了禁止狩獵，捕漁，割草，焚燒森林以及屠殺動物。並指定所謂的山官來管理森林(Zhu, 1982)。其他古文明的發源地也開始了類似的措施。土壤保育措施則是屬於以後為生物保存而提出的想法。

1.3 從採集、引種到遺傳質保育的轉變

1.3.1 植物採集與引種

早期的人類從其家園移居到另一地居住時，必定攜帶穀類產品和豆類產品，兼做食物與商品之用。舉例來說，水稻就是混在裝小麥的貨船中從西班牙傳入墨西哥的(Lu 和 Chang, 1980)。

早期的植物引種一部份是由商人完成的，包括那些攜帶植物橫跨各大海的船員們。自十六世紀以來，歐洲的某些大型貿易公司致力於從事大規模的引種工作，以保持和壟斷他們對植物栽培的控制(Brockway, 1979)。

最早由政府指派的植物收集探險隊，是由埃及法老王 Sankhkere(約西元前 4500 年)派遣到亞頓灣尋找樟樹(cinnamon)和肉桂(cassia)。一千年後，埃及女王派遣船隊到東非沿海尋找新的植物，由此，埃及軍隊獲得了大量的引入材料(Burgess,19977;

Moore, 1982)。

最大規模的努力要屬於西元 1010 年前後，中國皇帝宋真宗所進行的越南中部占城稻的引種。這種早熟與耐旱(或許是避旱)的水稻在隨後幾個世紀中，在中國人口的成長與水稻產量的激增上扮演著重要的角色(Ho, 1956; Chang, 1987)。

許多英國、法國、西班牙和荷蘭的植物學家積極的採集並獲取稀有的植物，後來這些植物變成了外銷作物(Lemmons, 1969; Moore, 1982)。橡膠、咖啡、可可、香蕉、甘蔗、棉花、金雞納樹、香料植物和觀賞植物就是在這些採集中所獲得的。美國農業部也派遣了植物學者到國外，這些人大大地豐富了北美的栽培作物和樹木，David Fairchild 和 Frank N. Meyer 就是在這些植物收集者中有巨大貢獻的人物(Burgess, 1971)，許多果樹、蔬菜與樹木都來自中國大陸。

1.3.2 遺傳質保育的方法

雖然在 Charles Darwin(1868)所提出的種內變異性以及 de Candolle(1882)和 Vavilov(1926)所提出的植物起源、傳播與歧異度等方面的先驅研討中，遺傳質保存已經有它的根基，但它還是算一門相當新近的事業。Vavilov 和他的俄籍同事進行了廣泛的栽培植物收集，接著作系統化的研究(Vavilov, 1951, 1957)。Vavilov 以「起源中心」(更恰當的說應為：歧異度中心)的建議喚起了植物收集與植物學上分析的廣大興趣。

位於前蘇聯列寧格勒的 The All-Union Institute of Plant Industry(後來稱為 N.I. Vavilov Institute of Plant Industry)建立了規模空前的種原貯藏設備(1940 年約有 200,000 份品種的樣本)。在第二次世界大戰期間，材料的數量減少了，第二次世界大戰之後又取得新的收集材料(Brezhnev, 1970)。不少不適宜在蘇聯生長的收集材料，僅能以植物標本的型態保存，可長期貯藏的種子設備一直到 1970 年代才設立(Plucknett 等, 1983)，但該國仍非常重視作物種原(Reitz, 1976)。自該國解體後，經費缺短，現一部份工作仰仗外力維持，甚為可嘆。

雖然在第二次世界大戰以前和期間，如 1932 年國際遺傳學大會的參加者以及像 Harlan 和 Martini(1936)及 Landauer(1945)等美國工作者都曾表示，必需保存遺傳研究材料和地方品種。但是在那時候許多植物育種學家都沒有注意到這樣的訊息(Wilkes, 1983)。從 1930 年代中期到 1950 年，許多傳統種原在育種成功的地區迅速地消失，這才喚起了全世界為保存遺傳資源而進行田間收集的關切(Harlan, 1956, 1961; Whyte, 1958; Wallace, 1961; James, 1961; Whyte 和 Julen, 1963)。

其後系統化且大規模的作物收集由植物採集隊實施者，如下所述：

1. 中南美洲的玉米品種，由洛克斐勒基金會(RF)與不同國家計畫職員，在美國 NAS/NRC 原產玉米保存委員會指導下，與當地國家計畫的人員進行，頗多收穫(Brown, 1975; Timothy 和 Goodman, 1979)。但因流失甚多，近年復有合作性收集，簡稱為 LAMP 並予更新與測試(Hallauer, 1995)。
2. 地中海地區的牧草，由 FAO-CSIRO 收集隊完成(見 Whyte, 1958)。
3. 中南美洲的馬鈴薯由 J.G. Hawkes 和墨西哥，秘魯的工作者(Hawkes, 1970)以及洛克斐勒基金會的海外職員完成(CIP, 1973)。
4. 伊朗小麥，由 Garibagli 和 Kuckuck 進行收集(Kuckuck, 1970)。
5. 印度黍類和小米，由印度農業研究所和洛克斐勒基金會的當地職員完成(RF, 1970; Murty 等, 1976a, 1976b)；衣索比亞的黍類(高粱)由洛克斐勒基金會-美國農業部收集隊完成(Creech, 1970)。
6. 喀喇崑崙山，興都庫什山，阿富汗和伊朗的小麥野生近親(Kihara, 1959) 以及亞洲季風區和西非的水稻野生近緣種，由日本國立遺傳研究所在洛克斐勒基金會一系列的贊助下完成(Kihara 等，1965; Oka 和 Chang, 1964)。由日本民族協會(Japanese Society of Ethnology)在中南半島和泰國進行了水稻收集(Hamada, 1965)，日本 Tottori 大學採集隊在南亞和東南亞進行了水稻收集(Watabe, 1980)。
7. 1959 至 1967 年，1967 至 1983 年在南美洲進行了花生種原的收集(Gregory 等,1973; Hammons, 1976; Simpson, 1984)。
8. P.F. Knowles 及其合作者進行了紅花收集(Knowles, 1969, 1977)。
9. 番茄野生種由 C.M. Rick 及其合作者在中南美洲進行了收集(Rick, 1973, 1977, 1979)。
10. 亞洲主要產稻國家傳統水稻品種收集,由國家或國際的收集隊進行了收集(Love, 1954; Chang, 1970; Sharma 等, 1971; Chang 和 Perez, 1975; Nagamatsu 和 Omura, 1975; IRRI-IBPGR, 1978, 1983; IRRI, 1991)，為有史以來最大規模的國際間合作及努力。
11. 中國大陸在 1950-58 年間收集了二十萬份多種原；在 1979-84 年間另收集十萬份種原樣本(Zhang 和 Dong, 1989)，其中重複者甚多。

1950 年代，農業科學家們了解種原流失的嚴重程度，改良品種大規模的取代地方品種和原始品種，此舉導致了配備有冷藏設備的大型種子庫的建立。在美國，美國

農業部國家種子貯藏實驗室(NSSL)於 1958 年建於科羅拉多州的 Fort Collins(James, 1961; Bass, 1979)，以加強美國農業部在馬里蘭州 Beltsville 的中期貯藏設備。在此之後，(1)日本於 1965 年在平塚建立了中、長期種子貯藏中心(Ito 和 Kumagai, 1969)，後來又將其遷移到筑波(Kamagai, 1979; Kawakami 和 Fujii, 1981)，(2)義大利約於 1972 年在 Bari 建立種子庫(Porceddu, 1979), (3)德國約於 1974 年在 Braunschweig(西德)建立種子庫(FAL)(Hondelmann, 1979)。另外 Chang 等(1979)和 Ng 及 Williams(1979)列出了當時世界上其它主要的基因庫。

若干國際農業研究中心(IARCs)在 1960 年代相繼成立。其後不久，每一個致力於作物研究的研究中心都紛紛建立並擴大了它們的種原貯藏設備。在 CGIAR 體系之下的這些中心有研究水稻的「國際稻米研究所」(IRRI，位於菲律賓 Los Baños)；研究玉米與小麥的「國際玉米小麥研究改良中心」(CIMMYT，位於墨西哥的 El Batan)；研究非洲水稻、豇豆、甘藷和其它塊根作物的「國際熱帶農業研究所」(IITA，位於奈及利亞的 Ibadan)；研究黍、粟及食用豆類的「國際熱帶半乾旱作物研究所」(ICRISAT，位於印度的 Patancheru)；研究豆類和樹薯的「國際熱帶農業研究中心」(CIAT，位於哥倫比亞的 Cali)；研究蠶豆、大麥、小扁豆和硬粒小麥的「國際乾旱地區農業研究中心」(ICARDA，位於敘利亞的 Aleppo)。上述國際農業研究中心都位於作物歧異度的初生中心(詳見 CGIAR, 1992)。另一個地區性中心--亞洲蔬菜研究發展中心(AVRDC，位於台南善化)也有大量大豆、大白菜、綠豆、甘藷、番茄及其他蔬菜的收集材料(見 Plucknett 等, 1983)。

FAO 與 IBPGR 已進行了世界上不同種子庫中種原收集材料的調查(Gullberg, 1971; Ng 和 Williams, 1979; Ayad 和 Anishetty, 1980; Damania 和 Williams, 1981; Acheampong 等, 1984)。在近年 Chang 等(1979)，Harlan 和 Starks (1980)，Plucknett 等(1983)以及 Chang(1992a)的綜述報告中可以發現有關作物收集的其它資料。在洛克斐勒基金會的一份報告(1980)，Zhang and Dong(1989)及范(1996)中，可以見到中國大陸作物種原的近年資料。

從 1950 年代中期開始，一連串的國際會議提出、討論並協助建立有系統化的保存植物遺傳資源的制度與方法。起初糧農組織(FAO)是這些會議的贊助者或者共同贊助者(Whyte, 1958; Hawkes, 1983)。主要的會議有：

1. 1961----植物考察與引種技術會議，在羅馬糧農組織舉行(Whyte 和 Julen, 1963)。
2. 1967----FAO/IBP 植物遺傳資源的開發、利用與保存技術會議，在羅馬糧農組織

舉行(Bennett, 1968; Frankel 和 Bennett, 1970a)。

3. 1972----CGIAR 的技術顧問委員會/糧農組織的植物遺傳資源收集、評價和保存工作小組會(TAC/FAO, 1972)。
4. 1973----FAO/IBP 作物遺傳資源保存技術會議(Frankel 和 Hawkes, 1975a)。
5. 1981----FAO/UNEP/IBPGR 作物遺傳資源國際會議(FAO, 1981a)。
6. 1996----國際植物遺傳資源技術會議 International Technical Conference on Plant Genetic Resources (FAO, 1996)。

1961 年的會議導致了糧農組織植物考察與引種專家小組的創立以及在土耳其 Izmir 的區域作物研究與引種中心的建立(見 Hawkes, 1983)。1972 年 TAC-FAO-UNDP 在聯合國人類環境會議(在斯德哥爾摩舉行)之後，贊助了在馬利蘭州 Beltsville 舉行的會議(TAC-FAO, 1972)，導致 1974 年國際植物遺傳資源委員會(IBPGR)的成立，這是一大里程碑。

洛克斐勒基金會在 1971 年也召集了種原研究會(Creech 和 Reitz, 1971; Anon., 1973; Brown, 1975)。它並資助了日本的遺傳學家進行野生小麥與水稻的考察與收集、拉丁美洲馬鈴薯收集以及在印度和衣索比亞的高粱收集。它的援助也使得國際稻米研究所(IRRI)得以在 1972-1974 年間進行初步的水稻收集。洛克斐勒基金會已幫助中國大陸在北京建立種子長期貯藏設備(洛克斐勒基金會, 1980)，在 1986 年落成，可貯藏 40 萬份種子在長期庫內。

1970-1971 年美國南方玉米葉斑病的流行病疫發生之後，植物病理學家和遺傳學家與美國國家科學院(NAS)由國家研究理事會下農業委員會(National Research Council Board on Agriculture)一起研討(National Academy of Sciences, 1972)並撰寫刊物，強調必須恢復主要作物的遺傳歧異度。這些論文對於提醒全世界注意保持主要作物遺傳歧異度的重要性上，具有重大的意義。這些共同的發展，促成了美國國家植物種原系統(National Plant Germplasm System, NPGS)的成立(Anon., 1977)以及 National Plant Genetic Resources Board(NPGRB)的建立(Anon., 1979)，並促使政府增加保育工作經費。

IBPGR 自從 1974 年成立以來，就進行了不同地理區域的作物保育的紙上作業，包括幫助組織國際和區域的工作網路、依作物別或地理區域別促進基因庫之間的聯繫、成立許多作物顧問小組、主辦研究講習會、部份資助在 70 多個國家進行的 250 多次田間收集任務、支持幾個種子生理與組織培養的研究、出版了 50 種以上不同作物的描述特性表(descriptors)和文獻目錄、改良若干國家基因庫的貯藏設備及幫

助培訓年輕的保存技術人員(Hawkes, 1983; IBPGR[無時日]; Wilkes, 1983)。但IBPGR 本身無試驗田或基因庫，除出版許多刊物外，全仗短期顧問小組，委託辦理計畫或借用人員執行工作，委員會亦時常換調人員，缺乏一貫的目標和執行方式，因此效果不似以作物為主的中心群(IARCs)。近年來分設區域性辦事處後，業務經費更見拮据，不足以援助幾十個開發中國家的工作；加以 1980 年間活躍份子與 FAO 聯手攻擊 IBPGR，稱 IBPGR 是工業國家的工具，因此工作更不易展開。它在 1994 改名 International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)，但仍無研究或實地種植能力，誠為不幸。實際工作大半仍由合作單位(如 IRRI)負擔。

國際稻米研究所(IRRI)是國際農業研究磋商團系統中最早成立的一個國際農業研究中心。國際稻米研究所在它開始營運的 1961 年就建立了水稻中期種原庫，它的水稻收集材料，是從許多合作的水稻生產國和其他中心所得到的，到 1983 年底已超過 70,000 份，其中的 36,000 份是 1971 年以來從農民的田間收集得到的(Chang, 1983b)，在 1990 年後增為 83,000 份。國際稻米研究所的國際水稻種原中心(IRGC)，全力推進單一作物水稻遺傳資源保存等多項工作，因此稱為專一作物的中心 crop-specific genetic resources center (Chang 等, 1975b, Frankel, 1975)。一般人士普遍認為，國際稻米研究所的遺傳資源中心的工作與服務是其他中心的典範(Seethataman 等, 1972; Frankel 和 Hawkes, 1975b; Frankel, 1977; Harlan, 1977; IBPGR, 1978; Anon., 1984a)。

近十餘年來的保育及利用工作，尤其與美國有關者，可參閱 Knutson 和 Stoner(1989)，Shands and Wiesner(1991)，Chang(1992a)，Duncan(1995)，FAO(1996)。

1.4 作物栽培種的遺傳資源

1.4.1 作物進化與農業起源

作物改良依賴遺傳變異，而遺傳變異是在長期進化過程中累積的，並且是由突變、染色體變化、天然雜交、生態遺傳分化後的自然選擇或淘汰和人類的傳播與選用而更加豐富。在十九世紀之前，存在於未改良品種和原生品種(地方品種)中的遺傳資源極為豐富，並沒有受到損害。一直到十九世紀中葉，已開發國家的農業開始興起與改良，以中國而言，在十一世紀政府推廣引進占城稻(Champa rice)，遺傳資源的歧異程度開始受到迫害。

最豐富的歧異度通常在變異性的初生區域發現(相當於 Vavilov 的「起源中心」)，這些地方，因野生近緣種和雜草種的基因滲入，以及在惡劣環境下的選擇而提供了額外的變異。在早期馴化及野生/雜草近緣植物引進另一個地域之後，或是其祖先有大而分散的傳播之時(Harlan, 1971)，作物歧異度中心以外的區域可能會形成次級歧異度中心，這種區域也可能成為農業起源的中心。

在鄰近主要農業中心的地方，許多較小的歧異度中心可能透過農業文化的傳播而發展起來(Hawkes, 1083)。朝鮮、日本和蘇聯的水稻種就屬於這種模式(Chang, 1976b; Lu 和 Chang, 1980)。

Vavilov (1926, 1935, 1951, 1957)，Schiemann (1943)，Zohary (1970)，Harlan (1951, 1970, 1971)，Zhukovsky(1970)，Kupzov(1976)和 Hawkes(1983)等人的文章提供了有關這些「中心」的資訊與推論。Simmonds(1976)與 Smarff 和 Simmonds(1995)編印二本作物進化書，甚為詳實。若先瞭解對於和農業發展有關的作物起源問題，不同主張的理論，應有助於植物育種家有效利用現存的遺傳資源。

1.4.2 遺傳資源的類別

圖 1.2 描述了遺傳資源的全貌，這些遺傳資源能夠在高度歧異的栽培種地區和古代農業起源中心中找到，如水稻和小麥(IBP, 1966; Creech 和 Reitz, 1971; Chang, 1976e; Chang 等, 1979)。其主要範疇簡要描述如下:

1. 在初生和次級歧異中心發現的同屬中有親緣關係的野生種或雜草種；有親緣關係的屬--這一類可能包括未馴化的野生種，這些野生種是人們利用做食物或其它方面，如用於化學工業的林木種類、藥用植物和牧草種。
2. 未改良的地方品種(民間品種)及歧異地區有特殊用途的類型--它們適於特殊的生態環境，或者提供特殊的食物或宗教上的需要，遺傳的歧異度高是地方品種的獨特性狀，許多的地方品種是綜合品種之混合體。
3. 古老農業地區內選出純系材料或異花授粉作物的商用品種--這些地區在過去半個世紀的平均產量並沒有太大的變化。
4. 於種原收集過程中才會發現過時品種。過去品種的生態型後裔(ecostrains)可能在其它地區繼續存在。
5. 改良品種：由科學育種選育，並在現代集約農業種植的近代優良高產(近代)品種(HYV, MV)和透過植物育種發展而成的 F_1 雜交種，合成品種和綜合品種也屬於這一類。

6.植物育種工作或遺傳研究的其他產物，包括有育種品系、育種材料、突變體、基因標記材料、遺傳因子全套材料、誘變的多倍體材料、非整倍體材料、屬間和種間雜種以及細胞質源。

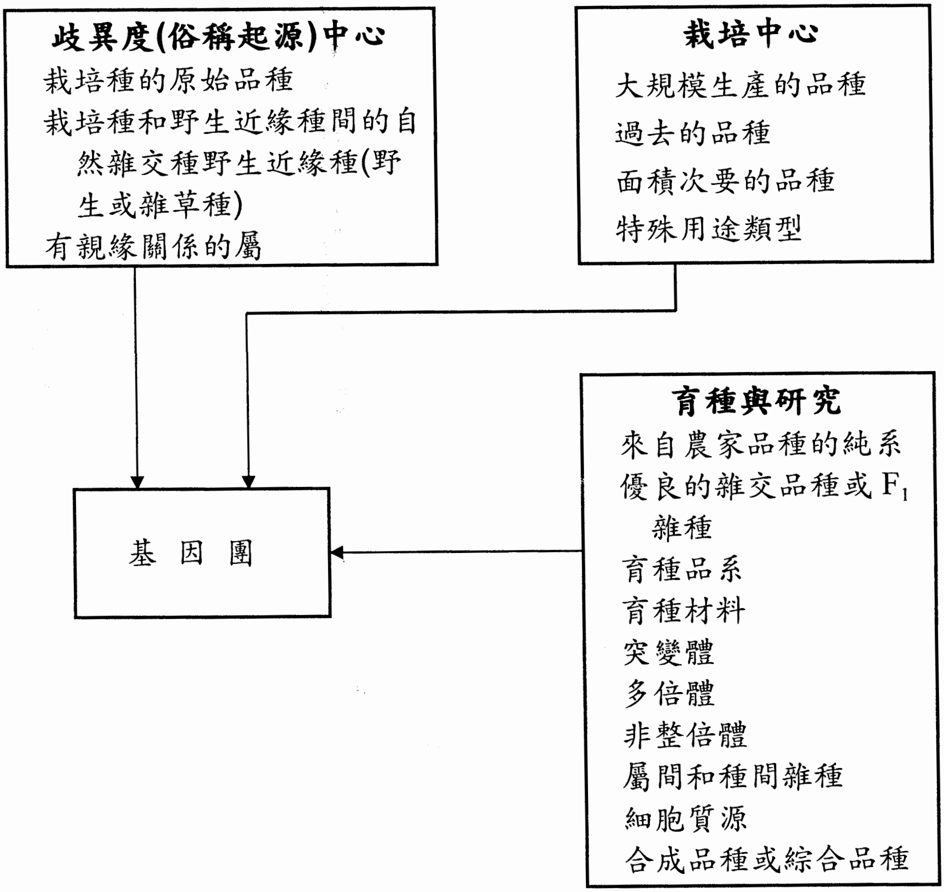


圖 1.2 作物種 (栽培種) 及其近緣野生種的種原全貌 (包括來源)

這些主要範疇也指出：第一，接連史前野生類型與現代品種的進化上連續性。第二，接連野生種與部份已馴化類型的生態連續性(Frankel and Soule, 1981)。

1.4.3 種原各部份的遺傳歧異度

從一個野生種到一個馴化種的進化途徑，或由直接下傳，或透過天然雜交，不可避免地，隨之而來的就是保留下來的種和利用過的種在數量上的減少，以及同時隨之而來的種內歧異度的增加。當集約農業與科學育種大大地減少了種內歧異度時，生態系統由一般的自然系統轉變為特殊的人工系統時，導致馴化過程發生了轉變(Harris, 1969; Harlan, 1975a; Frankel, 1977)。

Frankel(1977)描述了野生種、栽培種以及栽培種歧異度的多種活動變化之間的重要關係。這些資料對於保存或利用來說都非常重要。

群體(group)內遺傳歧異度，對於未來的改良有極大的潛力。然而一個族群(population)內的異質性對於現代農業中所提供的商用或農藝價值卻很低。在這些方面的的比較列於表 1.1 (Chang, 1976c)。植物育種中明顯選用以現代品種為基礎，加入來自地方品種、特殊類型或野生種的基因或基因複合體，並取決於需要。在基因配置(deployment)、交替(rotation)、聚集(pyramiding)中，即使過時的品種也可能再被利用。

表 1.1　不同基因來源(群體)的遺傳組成、生產力水準及在育種中的潛在價值

群體	群體內的歧異度	品系或族群內的一致性	農藝或商業價值	在育種中的遺傳潛力
現代優良品種	低到中等	很高	很高	中高
主要商用型	中低到中等	中到高	中高	中等
次要品種	中高到高	中低到中	中等	中高
特殊類型	中低到中	中高	中低	高
過去類型	中等到高	中高到高	中低到低	中低
育種材料	中低到中高	品系為中等 混合體為低	最易變	中到高
突變體	中低到中	中高到高	多數低 少數中高到高	最低
原始性型	中高到高	低到中	中低	中高到高
雜草種	中高到高	低到中低	低	中到中高
野生種	中低到中	低到中低	很低	中到高

1.4.4 遺傳質一致性的危機

下列的例子是在過去 150 年來遺傳基礎縮減的結果，造成主要流行病蟲害毀滅性的影響，這些例子指出了保存主要作物遺傳歧異度的重要性：

1. 1840 年代愛爾蘭由於馬鈴薯晚疫病(*Phytophthora infestans*)盛行造成飢荒，人民大量遷移至美國(見 NAS, 1972)。
2. 1917 年美國由於稈銹病(*Puccinia graminis*)大流行而造成小麥供應不足(見 NAS, 1972)。
3. 1943 年由於水稻胡麻葉斑病(*Cochliobolus miyabeanus*)和颱風而引起的印度孟加拉灣地區大飢荒(見 NAS, 1972)。

4. 1940 年代中期因 *Cochliobolus victoriae* 引起美國燕麥品種含有維多利亞(Victoria)抗銹病因子的新品種全部發生維多利亞枯萎病，使燕麥新品種完全毀壞(見 NAS, 1972)。
5. 1970 到 1971 年美國玉米產區凡有 T(Texas)型細胞質雄不稔的雜交種大流行玉米葉枯病(*Cochliobolus heterostrophus*)，損害空前(NAS, 1972)。
6. 1974 到 1976 年間當菲律賓和印尼廣泛種植近緣的半矮稈水稻品種時，水稻褐飛蝨(*Nilaparvata lugens*)迅速的從生理小種 1 轉為生理小種 2(Chang, 1979)。1982 到 1983 年當 IR36 品種在該區域廣泛栽培與複作種植時，褐飛蝨又一次的週期性重複發生，使所謂抗蟲的新品種遭受大害(Chang, 1984a, 1994c)。這種循環性的轉變在熱帶尤為普遍並常發生。

雖然作物的一致性導致了遺傳的脆弱性，恢復遺傳歧異度是預防這種脆弱性最有效的方法之一。另一方面，連續推出具有一二個主效基因(major genes)具有垂直型抗性的品種，也只能帶來如 Robinson 所描述的即興即崩「boom and bust」循環。在殺蟲劑的選擇受到限制的地方，應在栽培管理中採取綜合蟲害防治措施，並且以社區的聯合力量來補充遺傳抗性的不足(Chang, 1979a, 1994c)。

今日，因遺傳一致性導致的作物脆弱性，雖然在 1970 年代初期已被廣泛注意，但目前此種脆弱性潛在的危機，在某些作物中愈來愈嚴重(Anon., 1969; Frankel, 1970a; Harlan, 1972a; NAS, 1972; Day, 1973)。已由學者指出與廣泛種植及複作種植半矮稈品種有關的流行性病害，如表 1.2 (Chang, 1979a, 1984a)。

表 1.2　作物單性狀齊一性之例證 (由 Day, 1973 擴展而成)

作　物	性　　狀
豆　類	無筋絡豆莢
玉　米	Texas(T)型細胞質雄不稔性
	高 lysine 含量 (即 *Opaque*-2)
水　稻	半矮性
	光週期不敏感性
	熱帶半矮性稻中的 Cina 細胞質
	中國雜交水稻中的野敗(wild abortive)細胞質
黍　類	細胞質雄不稔性(Milo 來源)
小　麥	半矮生性
	光週期不敏感性
	Triticum timopheevi 細胞質雄不稔性

續單作所帶來的生產壓迫感。遺傳歧異度對於下面的各項工作將有所助益：

1. 減慢主要蟲害和病原的遺傳變化。
2. 預防一種次要害蟲演變成主要害蟲。
3. 將氣候異常變化所引起的減產降到最小。
4. 與熱帶地區主要作物連續單作有關的流行病害傾向均衡態勢。
5. 為進一步遺傳改良提供潛力(Chang, 1976e; Chang 等, 1979)。

歧異度本身並不具保護作用，除非不同的基因團包含有不同環境下的遺傳抗性或耐度(Brown, 1983)。特別是在落後或貧窮的地區，農民在選擇不同品種方面是保守而又個人主義的，這有助於保持作物中的某些遺傳歧異度(Chang, 1984a; Duvick, 1984)。

1.4.5 地方品種、野生種和雜草種

在遺傳資源的六種類型中，地方品種和野生種值得特別加以描述，因為它們在植物育種利用方面提供了最大的潛力。

地方品種是在落後地區的栽培條件下，經自然選擇和人工選擇發展出來的，並且適合在此環境下長期栽培。地方品種以其品種間或同一品種內在地點間和族群間、以及地點內和族群內的歧異度為顯著的標誌。它們超越時間與空間的遺傳歧異度很可能對極端氣候和流行的病蟲害的預防提供了改善(Harlan, 1975b)。此外，如果適當用於雜交，地方品種也在植物育種上表現了它高產量的潛力。然而，地方品種的主要用途是過去或將來所需優良基因的供體(Frankel and Soule, 1981)。

直到現在，大多數的種原收集材料在地理範圍、數量以及地方品種潛力等方面的資訊都不充份，對於地方品種田間取樣、命名、保持遺傳質完整性以及分類學描述等方面都需加以改良(Kuckuck, 1970; Chang, 1972b, 1976c, 1980; Frankel and Soule, 1980)。

野生種和雜草種代表了最高程度的異質遺傳結合性(heterozygosity)和不同種類種原間的異質性(heterogeneity)。通常它們比栽培種有更高的天然異交率。一種非洲的多年生野生稻 *Oryza longistaminata* A. Chev. et Roehr.甚至是自交不親和的。

由野生種和雜草種所提供的遺傳變異性是以下各方面的來源：

1.由主效基因控制的病蟲害抗源。
2.耐極端環境如鹽濃度、乾旱、淹水和霜害等。
3.甘蔗和馬鈴薯的高無性繁殖優勢。

4.樹薯和燕麥的高蛋白質含量。

5.棉花的高纖維強度。

6.油棕的高油分含量。

7.葡萄更強的生態適應性。

8.鳳梨更強的根系。

9.小麥的矮稈。

10.更大的生物總產量成長率及延遲老化，可使三種穀類產量更高。

11.許多作物中的細胞質雄性不稔性及其恢復系統。

在 Harlan (1976b), Hawkes(1977)，Frankel 和 Soule(1981), Prescott-Allen 和 Prescott-Allen(1981, 1982) 和 Frey (1983a)等人的文獻中可以找到這些研究的介紹。

對大多數的作物來說，野生種和雜草種的收集仍是很不夠，且保存不當。像地方品種一樣，水稻的野生種由於發展因素，在印度部落中迅速的消失了(IBPGR-IRRI 水稻顧問小組, 1982)。另一方面，野生品種的田間收集和保存，如同以稻屬(*Oryza*)為例的說明,也面臨了特殊的挑戰(Chang, 1976e; IBPGR-IRRI 水稻顧問小組, 1982; Oka, 1983; Sharma, 1983; Hoyt,1988; Vaughan and Chang, 1992)。

1.4.6 保育的目標

遺傳質保存可以描述為：就地(*in-situ*)或異地(*ex-situ*)，但無論如何，應有長期保存遺傳資源的政策和計畫的體制，使維持的遺傳資源有不斷進化和改良的潛力。因此，保育(conservation)比貯藏(preservation)的範圍更廣，後者僅提供保管(maintenance)，但並不提供在不同條件下的進一步發展。

保存所有可利用的基因資源當然是不可能的，也是不切實際的--大量的資源在農業文明來臨之前，即已逐漸消失。主要目標應該是在人類的資源所允許的範圍內，儘可能的多保存有代表性的現存種原樣本。重點應先放在正遭受滅絕和有被取代威脅的那些材料上；並致力減少由於種原或種子庫管理過程不當下而造成「遺傳質的流失」。Frankel 和 Soule(1981)把這種方法稱為「不足情形下的遺傳學」(genetics of scarcity)。

在遺傳學術語中，保存的目標可能是下列各個目標中的一個或多個：(1)核苷酸對--突變單位，(2)優良或有利的等位基因，(3)控制優良性狀的基因綜合體(gene-complex)，(4)相互適合(co-adapted)的基因綜合體，(5)染色體斷片，(6)細胞質成

份。

雖然以引種為目的的採集通常有其特定的目標，但遺傳質保育一部份涵蓋已知的基因，另一部份則在於挽救還不知道其遺傳潛力的植物材料。由於包括了大量的種原，故後者必然是保存人員的主要責任。應制定有效的保存計畫以保持這些材料用於不時之需。

遺傳質保育需特別注意的一點是一旦遺傳質的成份從人類的管理中喪失，就不可能透過已知的科學方法將它重新組成。因此，「不可替換的種原」(irreplaceable germplasm)可恰當的描述了遺傳質流失的無法倒逆性(Harlan 和 Martini, 1936; Frankel, 1967)。

1.4.7 保育體系

一種特定作物的綜合遺傳質保育計畫，若以異地保存，應包括下列部份：(1)調查，(2)考察與收集，(3)保持(維持現況)、繁殖、更新，(4)評估，(5)資訊的編集，(6)分贈、交換，(7)貯藏，(8)人員訓練，(9)合作網路。

植物檢疫的設備和標準應為一個大型遺傳資源中心的重要部份。

Frankel 和 Soule(1981)將保存植物種原的方法分類如下：

1.就地保育(*in-situ*)---天然保育(動態型)

(1)廣闊區域的保存，以保存整個生物群落的植物和動物---防止種的滅絕,但對於有用的植物幾乎沒有影響。

(2)野生種---在自然群落中。

(3)馴化種---在其栽培區域中的地方品種群體內 。

2.異地保存(*ex-situ*)---人工保存

(1)集中貯養馴化種(Simmonds, 1962)或動態型條件下設保存區(Dinoor, 1976, 1978)。

(2)野生森林保存區(種苗原產地)。

(3)靜態環境(基因庫)下種子、植株、植株部份(器官)、細胞、組織和分生組織培養材料的保存。植物園或天然公園同屬於這一個範疇，做為保存的最後一道防線。它們也能產生有用的資訊，並能提供教育方面的使用(Frankel 和 Soule, 1981)。

種子貯藏是最有效的遺傳質保存方法。種子或種原庫可根據種子壽命和種子更新週期來做具體的計畫。昔聯合國糧農組織專家小組(FAO Panel of Experts)指出了兩

種類型的種原與保存法(見 Frankel, 1975; Hawkes, 1983)。

1.全套材料圃(base collection)----乾燥到含水量 5 ~ 6% 的種子密封在-10℃至-20℃之間貯藏，用以長期保存。種子僅提供更新之用而不供做利用。為了安全考量，必須做雙份保存。

2.常用材料圃(active collection)----種子乾燥到含水量為 8±1%，密封，在中期庫裡貯藏(稍高於 0℃)，從中取出樣本供分贈、交換、繁殖和評估。常用材料可補充全套材料，並常與植物育種場所或植物檢疫站相鄰。常用材料中心必須具備種子更新能力與設備。有關材料的來源、管理和分贈的紀錄應予以建立與保存。

植物育種家和其他有關學科範圍的工作材料圃(working collection)並不被視為遺傳質保存體系的任務。親本和其它材料的收集通常被認為是短期貯藏，而它們的保存是受制於育種家的興趣與偏好的(Reitz, 1976; Wilkes, 1983)。評估資訊應該可以被有興趣的工作者利用於育種計畫中。所以，有希望的育種材料如雜種 F_1，F_2 和 F_3 混合群體以及複合雜交材料也應細心貯藏一段時間，以便有需要的時候，其他育種家能夠得到這些材料(Jensen, 1962)。除水稻的地方品種和野生種以外，國際稻米所(IRRI)的國際稻作種原中心(IRGC)也保存雜交中使用的育種品系、攜有特殊基因的高代入選材料，以及在國際水稻試測計畫(IRTP)中有希望的入選材料。此外 Frankel 等認為全套材料往往太多，不便管理，建議取出 10%左右樣本稱為核心圃(core collection)，在分地保存交換與評估上可替代全套，經十多年的探討(Frankel and Brown 1984; Brown 1989; IRRI, 1991; Chang, 1991c; Hodgkin et al., 1995)多數種原工作者認為 core collection 不能替代 base collection，應保存繁殖，供評估或他種試驗之用，並應稱為 core subsets(NRC,1993)，據知至今無人試用這個構想。

1.4.8 保存與利用作物的生物遺產的策略

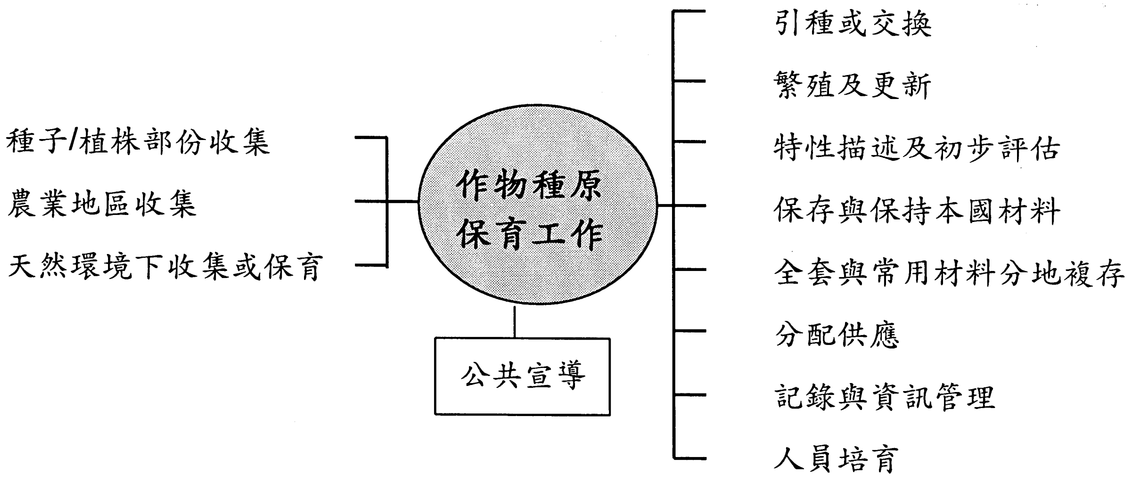
主要作物的遺傳質保存工作非常複雜，參與機構涵蓋有國家機構、國際組織、私人公司、民間團體、商業研究機構、個人收集、保管人員以及農民，以致沒有任何個人或團體在這個發展階段能獨力的安全管理和保存收集材料。一個廣泛分佈的作物在收集與交換方面問題尤為眾多。在過去，對許多作物來說，訂定遺傳質保存目標和遠景的時間已過逝，但重新確定以全球為基礎的保存策略以及發展實用的保存方法為時仍不晚。

1.4.9 全球植物保育工作現況

累積四十年的多個報告，大半出自IBPGR短期人員的編作，全球植物種原的保育工作尚缺乏一個系統性的整編與檢討；雖有IBPGR的無數刊物，尚不得要領，誠為惋惜。因此美國關心人士與他國關注的學者，另行研討與整編。美國國家科學院(NAS)的農業委員會(Board on Agric. of NRC)在1986年成立全球遺傳資源管理小組，出版了四本有關美國NPGRS、森林、牲畜與農作物四本書，其中以農作物一本有最深入的調查與討論(NRC, 1993)，至於近年來的各地工作，在1988 Beltsville會議上有討論(Knutson and Stoner, 1989)，各國及諸作物的保存數量可參閱Chang(1992a, 1994a)及1996年夏間FAO召開的國際會議文件(FAO, 1996)。

因近年來各國，暨IARC的保育經費有減無增，加上生物技術研究的競爭，前途並不樂觀。惟在少數設備良好並有效的種子庫中(如美國、日本、IRRI等)尚能維持冷凍庫的操作，其他多數種子庫種子生活力都難以保證，近年來多個亞、非國家已向IRRI取回二萬餘稻種。因此有良好的開始才能長期見效，同時保育人員的培訓及提高素質亦是一大努力目標(Chang,1994c)。

保育工作包括一連串複雜並漫長的過程，圖1.3指出相連的步驟，以及往往有阻礙的因素，此圖亦顯出種原工作人員往往遭遇的困難與挑戰，自從1981年在FAO-UNEP-IBPGR技術會議上政治活躍份子開始煽動種原豐富的「南方」國家(the South)，如拉丁美洲與非洲，在FAO會員國會議上鼓動反對已開發國家「北方，the North」「壟斷」種原的控制，高唱每國對自有種原應有管轄全權，投票之下「南方」的票超過「北方」，其他許多國家(如蘇聯、中國大陸)持旁觀態度，FAO被迫成立一個植物遺傳資源委員會(Commission on Plant Genetic Resources)，在南方國家不明真象的代表們(大使)掌握下推動一個國際植物種原的共識，其中重點是尊重原產國的主權、認知「農民的權利」，增加各國間自由交換與由FAO管轄全球種原工作，隨後「北方」國家等亦簽署此「共識」合約，並頒佈有關種原收集與移交辦理規定，計劃設立幾種合作網路，創設一國際基金，但事到今日大半活動限於紙上做文章，技術性工作全無，並且基金無從籌募，對種原工作所需的援助全無，可稱是在FAO舞台上的政治戲劇。但這十多年來「南」與「北」的種原交換飽受影響，政治性動作對於真正對象--擁有智慧財產權的種子公司，毫無作用，誠如美國農部主管的H.L. Shands在1993年告著者：「浪費十年寶貴時光」。



限制因素：

國家政策有關保育、檢疫與交換條規	支持、經費、設備、政治因素	評估、增新、利用、專利權

圖1.3　一個完整的作物種原保育制度的組合因子與限制因素(Chang, 1992a)。

在這十多年內除美國、日本、加拿大及各國際農業中心有增強種原的工作外，其他地區均見衰退，中國大陸、印度、韓國、中華民國同時亦因生物技術工作及研究人員的急速增加與轉移，種原工作難以競爭，受到壓縮，近年來尤其明顯。俄國Vavilov P.I. Institute得賴外國援助，前途可慮。在稻作方面存在IRRI的八萬餘份稻種是唯一的熱帶及亞熱帶稻作種原的遺產了，其他「南方」作物均少保障，可慮，但乏人顧及。

著者附註：這場政治大鬥爭起源於溝通不良，給活躍份子從中取利，開始在CIMMYT將來源豐富的玉米種原寄存在美國NSSL，這是分存，不能分贈，事過多年許多人對NSSL的保存設備與管理質疑，無人作覆，中南美洲農界無法取回種原(因屬CIMMYT託寄)，誤傳之下，認為美國將這批種原扣留，甚至「沒收了」。在1981會議上已開始爆發火星，以後三方(「南方」，CIMMYT與美農部)沒有溝通，CIMMYT亦長期無主管，爭吵發生後便難以收拾。按IRRI亦貯存七千份稻種於NSSL，但無此種問題，原因是當初贈存種原的國家不但從IRRI取回本國種原，亦無限制的可取得其他國家--往往是二國間均不願或不可交換--的稻種，由上可見一個有效的IARC可以扮演的非凡角色：保存、分贈與交換。

有關全球各洲、國及中心保存的種原份數在表1.3與表1.4中分列，不同重要作物的統計數字在表1.5內列出，並加註短少的項目，更詳細的數字可參閱FAO, 1996，

但這種數字的可靠性甚有疑問，尚以Chang, 1992a的資料較近實際情形(但亦是十年前資料，其中有不少份數種子已死亡)。

表 1.3 全球主要地域貯存的種原份數及現有種子庫(FAO, 1996)

地 域	種原份數*	%	種原庫數**	%	著者所知的新穎種原庫
非 洲	353,523	6	124	10	3
中南美洲	642,405	12	227	17	4
北 美	762,061	14	101	8	2
亞 洲	1,523,979	28	293	22	15
歐 洲	1,934,574	35	496	38	5
近東(亞西)	37,963	6	37	5	1
小 計	(5,554,505)#	(100)	(1,308)	(100)	(30)***
國際中心	593,191				

*尚成活的份數不明，亦多變異，總之：不高。

**種原庫的設備參差不齊，詳情不明。

***其中 12 個屬 IARCs 所有。

#較保守的估計是二百萬份。

表1.4 全球貯有大量種原之國家及國際農業研究中心一覽表(FAO, 1996)

國 家	保 存 份 數	中 心	保 存 份 數
中華民國	66,900***	ICRISAT	110,478
中國大陸	300,000	CIAT	20,940
美 國	268,000	CIMMYT	108,000**
俄 羅 斯	146,091*	CIP	10,000
印 度	144,109**	ICARDA	70,000
南 韓	115,639	IITA	39,765
加 拿 大	100,000**	IRRI	81,000
德 國	160,000***	WARDA	17,440
巴 西	60,000	AVRDC	37,618
意 大 利	55,806	CATIE	35,056
依索比亞	54,000	Nordic genebank	27,303
匈 牙 利	45,833		
波 蘭	44,883		

*無長期貯藏設備；**尚未全部入長期庫；***分置二地，一處設備不夠水準。

附註：較詳細的資料可參閱Chang, 1992a及文中參考文章。

表1.5 主要農作物保存份數的估計(Chang, 1992a)

作物	保存份數*	未重複份數	野生近緣	尚未收集品種	有待進行事項**
小麥	410,000 (~784,500)	125,000	10,000	10%	E,M
食用及油料豆類	260,000 (~289,000)	132,000	10,000+	30-50%	C,E,M(花生)
稻	230,000 (~423,000)	120,000	5,000	10%	C(野),E,M
黍類	93,000 (~168,500)	30,000	9,500	20%	E,M
玉米	100,000 (~277,000)	50,000	15,000	5%	M,E
大豆	100,000 (~174,500)	30,000	7,500	30%	C(野),E
馬鈴薯	42,000 (~31,000)	30,000	15,000	10-20%	C,E
山藥	82,000 (~11,500)	3,000	60	高	C
甘藷	8,000 (~32,000)	5,000	550	>50%	C,E

*括弧( )內數字來自FAO(1996)，往往偏高。

**C：採集；E：評估；M：保存。

1.4.10 保育工作的總體策略

一個完善的保育工作體系包括多個相聯的步驟與部份，圖3.展示這個過程與構成項目，可適合於國家與國際保育中心，其他細節在Chang, 1976e有討論。

總體策略是要獲取所有關心這個事業的機構和個人的參與、合作和協助。積極的行動計畫應根據優先順序來發展。在組織層次方面，包括國際網路(IRRI-IBPGR, 1978; IBPGR, 1983b; Perret,1995)、地區網路(IBPGR, 1977, 1979b)、國家計畫(Anon., 1977; Janick, 1989; NRC, 1991; 杜與范, 1992)、各種作物小組(IBPGR, 1979b; Jones, 1984)和個人工作者。在工作水準方面，超越國家界限的多學科合作是不可缺少的。為了有一個連續而永久性的基礎，所有活動應設有專門機構並提供適當經費資助。這一系列的事業，從植物採集過程到國家計畫到國際網路，將在本書第3章的「作物種原的保存」中敘述。

最迫切的問題是，瀕危的作物種原何時能適當地採樣與收集？收集的材料如何才能安全的保存？同樣的，評估、分贈及利用也是極為重要的，這些有大部份取決於保

存資源的規模和支援資源的執行情況。所有這六方面都是互有關聯的，並且與作物研究與改良科學相互牽連。最重要地，是應有提供作物種原及相關資訊的自由及公開的交換。

參與保存措施的人應來自社會的各個層面。社會中的不同群組(groups)能夠在以下四個層次上幫助完成他們自己的責任：(1)專業的----藉助公立的研究機構及私人的企業在計畫、執行及協調他們的科學活動上；(2)政治上的----透過政府領導者和社團以發展政策或提供支援；(3)大眾的----在遺傳質保存的重要性方面對大眾層面進行教育與宣導；(4)社會的----透過科學家之間的溝通以及社會其它層面的成員之間的互助動作(Frankel, 1973, 1974; Swaminathan, 1983b; Anon., 1984a; Chang, 1992a, 1994c; NRC,1993)。

1.5 尾語

植物遺傳資源在人類生活上所供應的各種必需品，在本世紀漸為大眾認知，保育的重要性亦在1930年代由農業科學界呼籲開始受到重視，雖然早在上世紀或更早由少數採集家默默的收集，但範圍僅以引種為主，缺乏整體的保育。作物品種收集工作則繼續由政府或他國有興趣人士推進，直到1960年代以後由FAO的提倡與少量投資，保育工作得以建樹，系統化的種種技術與諮議亦有國際化的形成，演成一行新技術，與育種工作分離並立，雖然仍在後者龐大遮罩之下。保育工作的前鋒在IARCs努力下，影響並刺激各國國內的工作，紛紛創立種原中心與制度，在經費短拮與人員不足情形下有一開端。不幸的是1980年代中期起由於FAO及IBPGR主辦人員(全是「北方」出身)間的個人交惡與鬥爭，使別有用意的活躍份子乘機而入，挑撥「南」與「北」國家間權益之爭，FAO被迫進入歧途：沒有保全保育工作與正開發國家在種子專利權上的權益，結果是真正的保育工作被忽視，專利權與限制益將擴增。近年因全球經濟衰落，保育工作首受減退之累，難以維持，加以人員與經費被生物技術佔享，將來只能賴少數有好設備與人員的中心來撐持困境，前途可慮。紙上數稱幾百萬份的種子，在無力更新，恐大半已死亡，響應了二十年前一學者的醒語：「不良的種子庫是種子的停屍室」。

種原保育工作一向是一個營養不足的孤兒，工作人員亦無法接到特殊訓練，或不滿現況而轉移工作(二十年前投入育種，近年則為生物技術)，亦少受鼓勵，因此人員的素質、專業、敬業與持久問題將是保育工作前進的第一考慮(見Chang, 1994a)。

就地(*in situ*)保育是多人提倡的措置，但迄今幾乎沒有進展(FAO, 1996)，同時科學家們亦忽略了農民可以參予的重要角色，不僅在僻遠區的保育，在農家後園亦可保存蔬菜與果樹，在美國市郊或鄉間業餘的農業從業人員因興趣而培養的老品種(蔬菜、花卉、果樹、林木)都是一種有效途徑，可供國人參考。

保育工作需要大眾的了解與支持，若只談保育尚難見效，亟應將保育與環境的保護及生物歧異度的維護一起聯手而談，使工作效果更多角化並獲得更多層面之支持。

世界人口在1960年為30億，1982~3年增為47.2億，在1995年已逾57億，在每年成長率超過1.75%，亞洲則為2%以上的情況下，到2000年總人口將達到63.4億(Chang, 1984a)。儘管從1960年代中期開始的綠色革命延緩了這一時期中廣泛的饑荒，並刺激與續增小麥和水稻產量的增長(Borlaug, 1968, 1983; Chang, 1979a, 1992b)，但近年來開發中國家的每人糧食產量卻落後於人口成長的速度(IRRI, 1982a)。在亞洲人口最稠密的國家以及許多非洲國家面臨即將發生的糧食短缺，這些地方每公頃的糧食產量在全世界是處於最低的。

我們應如何在哪兒才能為每年添增2.1%的人口提供食物而不致於破壞已經惡化的生態系統呢？在巴西和非洲的某些地區，增加可耕地或許還是可行的，但在人口居住密集的亞洲地區並非如此，主要還得靠增加產量、更高的生產效率、更密集的利用可用的土地、增加新的食物來源或加工產品。作物種原將再成為遺傳投入的基因源池。因此我們最迫切的任務是必須努力奮鬥以拯救可用的遺傳資源，以對未來仍在迅速膨脹的世界人口提供足堪維持的食物供應。面臨日益減少的天然資源，無論是物理性或是生物性的，作物種原是人類擁有少數真正的永續遺產之一。讓我們睿智而有效率地保存和利用它。

第 2 章 、作物種原的收集

摘要 遺傳資源保育的起始步驟是從農田及野外自然環境收集作物種原。成功的收集工作需要廣泛的磋商與計畫、適當地籌集資金、能勝任的收集小組、知識豐富的嚮導，以及小組成員對此項任務的個人奉獻精神。近年來的收集主要涵蓋一般性的調查、取樣或複查。本文描述系統化的田間收集所必需的準備工作：調查、安排地區與作物優先次序、取樣策略的闡述、田間取樣、採集所得樣本的處置、遵從植物檢疫措施，以及資料彙整等。本章中綜述了馬鈴薯、番茄和水稻的田間探索經過，並提供了標準的田間收集表格。

索引述詞：探索(exploration)、引種(introduction)、田間收集(field collection)、複收(recanvassing)、種原資源調查(survey of germplasm resources)、田間收集之地區與作物優先次序(regional and crop priorities for field collection)、收集小組(collection team)、取樣策略(sampling strategies)、取樣地點(sampling sites)、取樣技術(sampling techniques)、樣本大小(sample size)、田間收集表(field collection form)、採集所得樣本的處置(processing collected samples)。

2.1 引言

遺傳資源保育的起始步驟是從農田及自然環境收集作物種原及野生親屬。探索與收集是該過程中最困難也最有挑戰性的階段，因為：(1)它們往往在遙遠的地方，通常需強健的體力，或是在有政治與軍事問題的地方進行；(2)需要有科學的專業知識、團隊精神、有關地主國與當地風俗的知識、變通之才能和良好的人際關係；(3)費用昂貴；(4)欲完成所有的探索、收集及紀錄，往往時間太短；(5)不一定有返回同一地點再收集的機會，並且很難發現原先的族群結構沒有變動。另外，在科學文獻中對特定作物與地區的資訊很少，也是一個問題。

一個良好的採集人員應有：(1)對此種作物及其伴生植物野生近緣種、雜草及混雜而生的或成群落的其它作物有廣泛的認識；(2)敏銳地掌握當地生態系統中的環境因素；(3)個人奉獻於挽救作物種原的任務；以及(4)吃苦耐勞的能力與在無法預料的情況下能盡力而為的精神。一個採集者的田間生活雖有重大壓力，但也能獲得樂趣與靈感，這可以從 Fairchild(1938)，Hawkes(1941)，Vavilov (1957)，Rick (1973)及 Harlan

(1975a)等前輩採集家的著作中窺得一二。

雖然在 1961~1972 年間，糧農組織的專家舉行的幾次會議上都在倡導田間收集，但數年來很少由這些會議或有關報告產生系統性的行動(Harlan, 1975b)。Vavilov 小組早年的努力，洛克斐勒基金人員在玉米種原的多個國家合作計畫，以及本文提到的載於本書第一章「遺傳資源保育的原理」上的普通馬鈴薯的工作等仍然是截至 1970 年代早期為止的歷史性標誌。

1970 年代早期，當國際稻米研究所發動在亞洲熱帶地區進行水稻收集計畫時，一個首具國際規模的、有系統的、協調性的收集計畫開始具體化(IRRI, 1972; Chang 和 Perez, 1975; IRRI-IBPGR, 1978, 1983)。其後由國際遺傳資源委員會(IBPGR)重新檢查作物及地區的優先次序，召開了地區性的研討會，並建立起幾個地區的工作網路，在 1970 年代後期還資助了一些收集計畫(IBPGR 1975~1982 年報及未署日期的報告)。國際遺傳資源委員會倡導的一些收集計畫往往由多個國際農業研究中心(IARCs)執行或主持，如在西非由國際熱帶農業研究所(IITA)收集水稻及食用豆類(Ng 等, 1983)，國際稻米研究所與各國家合作收集亞洲水稻(Chang, 1980)，屬規模最大者。

2.2 田間收集的模式

我們可以將田間收集的方法區別為三種型式，而一種型式可能導致另一種型式的進行。

2.2.1 探索

探索性收集是在遙遠地區對有期望價值的特定材料做調查，以便隨後將這些材料引種到新地區供植物育種、農業生產和工業之用。探索與引種導致有組織的交換、科學的研究，並建立可供保存的種原收集品圃(Creech, 1970)。近年來探索的目標主要是：(1)有保存價值的瀕危種原，(2)熱帶的罕用新作物(NAS, 1975)。

2.2.2 一般性調查和取樣

種原的系統收集可以大區域的進行，而不須特別著重於某些材料。這種廣泛而一般性的取樣將提供單一地區內一般變異性的了解，並能在日後導致特殊型式的複查(recanvassing)。

2.2.3 複查

在經過一連串的觀察、評估和資料彙整工作之後，可能需要對先前已探索過的地區再行探索，以增富某些品種的基因團或提升某些特殊部份。這種方法也能應用於一個突然受到威脅或面臨滅絕的種原。

2.3 系統化田間收集計畫的準備部份

近來大規模的田間收集計畫通常是國際性的、多元學科人員的、計畫周詳的，並且有適當資金的。建立系統性計畫包括下列各部份和順序：(1)種原資源過去收集與現在保育利用狀況的調查，(2)設定優先次序，(3)訂計畫並尋求經費，(4)組成並訓練收集小組，(5)闡述取樣策略，(6)進行田間取樣，(7)妥善處理收集所得的樣本，(8)遵行現有的植物檢疫措施，(9)資料的彙整。

在擬訂優先次序時，要兼顧到作物與地區兩方面。根據作物地理學、生物分類學、作物生態學，並透過工、農業符合人類特殊目標的需求，來檢討現存收集品的主要不足與可能來源。

2.3.1 種原資源的調查

種原資源的深入調查是有效與有價值的收集工作的前題，調查可以採取多種型式：(1)追蹤一位早期作物專家的經驗和著作，(2)舉行具有共同志趣的作物學家的非正式集會，通常以作物諮詢委員會小組的形式進行，(3)召開單一作物(Varnell 和 McCloud, 1975; IRRI-IBPGR, 1978, 1983)或幾個有關作物(PCARR, 1982)的大型會議。必需重複討論以便更新評議並能貫徹行動。定期的會議與通信交流對於保持合作持續不墜是很重要的。特性調查和評估結果的分析有助於修正目標區、目的物與程序。

下列刊物能提供不同範疇種原資源的有用資訊：

1. 多種作物的全球基礎：Vavilov(1926, 1951)，USDA Yearbooks (1936,1937)，Frankel(1973)，Zhukovsky(1975)，Zeven and Zhukovsky (1975)， Harlan (1975a, 1977)， Simmonds(1976)。Smartt and Simnonds(1994)。
2. 作物群：Purseglove(1968, 1972)。
3. 有關地理區域：

(1) 非洲：Harlan(1973)，Porteres(1976)，Purseglove(1976)，Harris (1976)。

(2) 中南美：Hernanadezz(1973)，Leon(1973)，Heiser(1979)，CATIE (1979)，Pioneer Hi-Bred International(1987)。

(3) 地中海：Bennett(1973)，Porceddu et al.(1982)。

(4) 近東：Kjellgvist(1973)。

(5) 南亞：Singh(1973)，Mehra and Arora(1982)，Jain and Mehra (1984)，Paroda and Arora(1988)。

(6) 東南亞及大洋洲：Williams et al.(1975)，SABRAO(1977)，IBPGR-PCARR(1977)，PROSEA(1989-96)。

(7) 東亞：Matsuo(1975)，Rockfeller Foundation(1980)，Williams and Creech (1981)，IPGRI(1994)。

4. 關於個別作物：

(1) 小麥：Kuckuck(1970, 1975)，Zohary(1970)，Witcombe and Rao (1976)，Witcombe and Gilani(1979)，Skovmand et al.(1995)。

(2) 水稻：Jeypore Botanical Survey I and II，(Govindaswamy, 1956; Anon, 1957)，Porteres(1956, 1976)，Oka and Chang(196-)，Hamada (1965)，Chang(1970, 1972a, 1975, 1983b)，Watabe(1972)，Hakim and Sharma(1974)，Nagamatsu and Omura (1975)，Oka et al.(1978)，IRAT-ORSTOM (1977)，Bezancon et al.(1978)，Oka(1978)，Katayama (1978)，Richharia(1979)，Vaughan and Chang (1980)，Morishima (1980)，Chang et al.(1982)，Ng et al.(1983)，IRRI-IBPGR(1978, 1983)，IRRI(1991)，Vaughan and Chang(1992)。

(3) 玉米：Kaleshov(1929)，Wellhausen et al.(1952, 1957)，Brieger (1985)，Timothy et al.(1961, 1963)，Mangelsdorf et al.(1967)，Brandolini (1970)，Brown (1960, 1975)，Brown and Goodman (1977)，Paterniani and Goodman(1978), Timothy and Goodman(1979)，Hallauer(1995)。

(4) 馬鈴薯：Hawkes(1970, 1978)，Ochoa(1973, 1975)，Timothy and Goodman (1979)，Bamberg et al.(1995)。

(5) 大麥：Takahashi(1955)，Harlan(1968, 1979)，Witcombe and Gilani (1979)。

(6) 燕麥：Baum(1977)。

(7) 甘藷：Yen(1970, 1974, 1982)。

(8) 樹薯：Nestel and MacIntyre(1975)。

(9) 大豆：Bernard(1983)，Hymowitz(1983)，Nelson and Bernard (1983)。

(10) 黍類(高粱)：Murty et al.(1976a)，Rockfeller Foundation(1970)，Doggett(1970)，Harlan(1972b)，Gebrekidan(1979)，Mengesha and Rao(1982)，Acheampong et al.(1984)，Duncan et al.(1995)。

(11) 粟類：Krishnaswamy(1951)，Murty et al.(1976b)，Rachie(1975)，Rachie and Majmuder(1980)，Acheampong et al.(1984)。

(12) 花生：Varnell and McCloud(1975)，Banks(1976)，Simpson(1984)。

(13) 山藥：Martin(1973, 1975)。

(14) 番茄：Rick(1973)， Esquinas-Alcazar(1981)。

(15) 熱帶豆類：Rachie and Roberts(1974)，NAS(1979)。

(16) 熱帶蔬菜：Grubben(1977)。

(17) 熱帶果樹：Sastrapradja(1973, 1975)，Ho(1973)。

(18) 待開發的熱帶植物：NAS(1975)，Jain(1983)。

(19) 油料作物：Princen(1983)，Jones(1983)。

有興趣的工作人員應參考：(1)文獻目錄，如[農業文獻目錄](Bibliography of Agriculture, USDA)，[國際水稻文獻目錄](International Rice Research Bibliography, IRRI)及[植物遺傳資源文獻目錄](Plant Genetic Resources Bibliography)(Hawkes et al., 1983)，(2)文摘，如[植物育種文摘](Plant Breeding Abstracts)，[農田作物文摘](Field Crops Abstracts)，(3)期刊，如[經濟植物學](Economic Botany)，[荷蘭育種雜誌](Euphytica)，[作物科學](Crop Science)及[美國自然學家](American Naturalist)等，(4)簡訊，如[植物遺傳資源簡訊](Plant Genetic Resources Newsletter of FAO & IBPGR)，[國際遺傳資源所東南亞地區簡訊](IPGRI Newsletter for Asia, The Pacific and Oceania)，[歧異度](Diversity)，[澳洲植物引種簡訊](Australian Plant Introduction Bulletin)，及[加拿大植物基因資源簡訊](Canadian PGRC Newsletter)等。

2.3.2 安排優先次序

為指定的一種或一組作物安排優先次序，應以地理區域、在同一區域內與其它相關作物的經濟重要性、被取代或滅絕的威脅程度，或作物種原的流失情形，以及育種家的需要為基礎。

糧農組織種原專家小組、國際遺傳資源委員會成員，以及國際遺傳資源委員會所屬的不同作物小組曾研究過作物和地區間的相對優先次序，而將優先次序區分為四級：(1)一級優先，(2)二級優先，(3)三級優先，(4)較不優先(IBPGR, 1976a)。第一批優先次序已經經過一些修正，1981 年修正版(IBPGR, 1981)中較高優先次序的作物部份列於表 2.1。

國際稻米研究所在與亞洲生產水稻的國家合作下，確定優先次序是基於(1)改良品種取代地方品種或傳統品種的速度，(2)遺傳歧異度的豐富程度和國家或區域內環境的條件，(3)過去收集和保存工作的時間和廣度，(4)田間收集者進入種原潛在豐富地區的可行性，(5)地方(在一國內)支持收集的程度，(6)外來經費的籌集(IRRI,1978)。

因此，水稻高優先次序的地區是孟加拉，緬甸，中南半島，印度，印尼，尼泊爾，菲律賓及斯里蘭卡，但若干因內亂而不易進入的地區亦需進行探採。幸運的是，時間上的彈性與機會使得國際稻米研究所能夠與它們每一個國家共同合作(Chang, 1980)。

2.3.3 計畫和尋求經費

事前的計畫是絕對重要的。估計至少需提前一年的時間。

為了在國外進行田間收集，必需請有關政府的研究及教育機構工作人員在計畫階段就參與合作——這也有助於日後的執行。在地主國舉行計畫會議，可獲得種原分佈、種原歧異度以及可獲性等全面性的實地知識。在特定的地區，地方上的農業科學家及推廣人員能提供有價值的資訊。

近年來國際遺傳資源所(IPGRI 或 IBPGR)成為在其所訂定優先地區內籌集田間活動經費的主要來源，還有其它公家的及私人的來源，他們對於支援田間保存計畫都很有興趣。各個有關的國際農業研究中心(IARCs)亦充份參與。

表 2.1. 地區和作物的優先地位(IBPGR, 1976a, 1981)

地 區	優先等級	各地區內作物的優先地位①
地中海	1	1.小麥、蠶豆、甜菜、小扁豆 2.鷹嘴豆
西南亞	1	1.小麥、大麥、花生、鷹嘴豆、小扁豆 2.鷹嘴豆、棉花
中亞	1	1.小麥
南亞	1	1.小麥、水稻(印度部落地區)、雞爪粟、珍珠粟、玉米(喜瑪拉雅山區)、綠豆、黑綠豆、油菜、甘蔗 2.鷹嘴豆、黃麻
東南亞	2	1.水稻(中南半島)、花生、大豆(印尼)、椰子、甘蔗、高粱 2.樹薯、甘藷
東亞	2	1.水稻、玉米、粟、大豆、油菜、高粱(均在中國) 2.花生、蠶豆
西非	2	1.野高粱、珍珠粟、非洲栽培稻 2.黍類
北非	1	1.珍珠粟、大麥
巴西	2	1.玉米、菜豆 2.可可
安第斯山脈地帶	2	1.藜、羽扇豆 2.甘藷、小塊莖作物
太平洋島嶼	3	1.山藥、椰子
東非	3	1.菜豆 2.高粱、豇豆、樹薯
南美南部	3	1.菜豆 2.花生、樹薯、棉花

①包括野生近緣種

2.4 一個系統化田間收集計畫的運作組成

可以從 Whyte(1958)，Bennett(1970)，Williams(1978)，IBPGR(1983a)，Simpson (1984)，Chang 等(1972a)的手冊，Hawkes(1976, 1980)，以及國際熱帶農業中心(CIAT, 1979)等的討論中找到有關策略、準備及步驟等等。

2.4.1 組成並訓練收集小組

收集小組的數目、大小及組成決定於任務的範圍。一般來說，一個二到三人的工

作小組是較好辦的。對於多樣化的環境，多學科小組可能比類似背景的小組更有效率。應按照緊湊的時間表向小組成員講解收集工作並事先練習。對於大規模的行動，可對推廣人員及大專學生施以短期訓練，使其掌握更多領域的知識。妥善安排旅程，對於收集達到預期的成效具有決定性的影響，與地方人員事先聯繫也是極重要的。

在東南亞的稻作收集工作上在當地國家先訓練推廣人員，授予必需的常識，比一、二小隊進行，更為有效。

2.4.2 闡述取樣策略

由於每個生物實體中都有其遺傳變異性，將一個植物種或甚至一個族群中的所有基因型都保存起來是不可能的。所以，正確的取樣策略將有助於收集到代表份子，並能囊括所採集基因團中最大量的遺傳變異性。

對任何作物，適當的取樣步驟將決定於：

1.生殖方式：一般的規律是由孤雌生殖植物比異交作物、異交作物比自交作物，需增加取樣數目及樣本量(Whyte, 1958)。

2.變異性的地理分佈：某些具期望特性的地理分佈若有前人報告，對於收集農藝性狀或特殊特性有很大助益。在一族群(population)內，通常採用隨機取樣。隨後種植與評估所收集的族群，將顯示出在地理上的專有特性，如地形、氣候、土壤類型、水文和其它環境因素等。所獲得的資訊將幫助複查，並可設計出供特殊地點使用的適當取樣方法(Allard, 1970)。

根據從巴基斯坦和尼泊爾所收集到的小麥和大麥種子樣本，在這些 Vavilov 歧異中心內，發現大量的「質」的性狀變異；而「量」的性狀變異則少得多，而且主要是由自然選擇所決定。在同一個 Vavilov 歧異中心內，加強收集對於獲取最大量的遺傳變異上並不一定有效。另一方面，在環境極端地區所做的收集可能更為有利(Witcombe 和 Gilani, 1979)。

3.取樣策略：通常對種子作物的取樣策略是：使收集者在最小量的樣本數與樣本大小中獲取最大量的變異性。取樣地點宜盡可能地多，地點應包括目標作物或野生種分佈區內，環境條件的代表區域。

在基因團內應不加選擇地取樣，以滿足目標族群有百分之九十五的再現性，其重複樣品內，原目標族群之每一品種皆有大於百分之五之頻率。收集者應在每一地點採集五十到一百個個體，並於每一株上各取五十粒種子(Marshall 和 Brown, 1975)。

以選擇或隨機取樣方式取得的樣本的混合體也可以使用 (Bennett, 1970)。選擇取樣能夠鑑別形態變異，而非選擇性取樣則能夠獲取由生物和環境壓力所導致的等位基因。

對業已廣泛研究過的族群，樣本量可以用比 Marshall 和 Brown 所推薦的多 5 到 10 倍，而且可以從分散的地點取得。其目的是取得有意義而稀有的重新組合(Qualset, 1975)。

4.地方族群內變異性的程度：一個族群內的變異程度部份與生殖方式有關。然而，在地方種和野生近緣種中，各種層面上的多型性是很普遍的。在近親繁殖的族群中也存有可觀的變異性。

對於一般目的的取樣，可以用粗格線的方式先做開頭，隨後在有特殊性狀的地區內用細格線再取樣(Allard, 1970)。

5.在組合後維持變異性的方法：對於異質結合性(heterozygous)的材料，比較有效的方法是收集足夠大的樣本，並將原種群體整批保存於冷藏庫中。更新(rejuvenation)的工作也應以混合群體(bulk)的方式進行，某些在群體內變異的混合物可以以子樣本(subsamples)的方式保存。只有高純度的材料才能做為純系保存。

樣本的大小與數量應從保存方法與保存能力等有關事宜去計劃。在沒有設備供評估保存時，收集許多樣本毫無意義。運輸收集品的能力和有關植物檢疫問題應在計劃階段即予以考慮。

2.4.3 實施田間收集活動

1.裝備與供給：諸如安排妥善時間表與有關準備、適當的運輸工具、知識豐富的地方嚮導、詳細的道路圖、氣象圖表、地形圖和土壤圖、搬運和處置樣本的用品、記錄表、科學設備與補給品、野營設備、田區工作服、藥品、當地的旅行文件和當局的許可信件等都應該事先準備好。在 Hawkes，1980 年手冊中有些實用的建議。

2.與地方機構和工作人員參與的聯絡和合作：在國外的田間收集，若有來自地主國或當地計畫的工作人員參與可得到很大的方便。他們透過各級政府行政管道而獲得支援：國家→州→縣→市、鄉鎮→村，在地方推廣人員參加工作並熟悉其過程之後，他們便可以在以後數年繼續田間收集的工作。因為與地方推廣人員一同工作，對於地方環境和遵守有關收穫方式的地方習俗，以及栽培習俗等都有所助益(Chang 和 Perez, 1975)。可以視種子和植株的需要情況與國家植物檢疫單位接洽。

收集者可從目標區獲得並研究一些有關農業統計及作物生產的數據，做為安排優先次序的基礎。有關灌溉計畫的發展和緊急修築山谷水壩等的及時情報，將有助於將高優先地位安排給予那些種原可能突然受到威脅的地區。

在農業生態多樣化的地區內，當地的工作人員可以協助訂定有效率的行程，使收集小組能夠依照當地作物成熟期的模式去收集(即從較乾旱到較潮濕地點，從高地到低地等)。他們對於在遙遠的種原豐富地區內，適用的旅行方法及適當的時間安排等方面

的有關知識，對於收集活動的進行十分有價值。

透過引見及徵詢有關農民的建議，收集小組中的地方推廣人員可以從每一個地點加速收集工作的進行。對於一些鮮為人知的地區，他們也有關於生態上、社會背景上的作物歧異度相關知識，能引導種原搜採者獲得非典型或稀有的品種。這些品種可能具有進化學上、遺傳學上或直接的經濟意義。

3.種子作物取樣地點的選擇：取樣地點牽涉到栽培品種的田間(未收穫或已收穫的)、野生種的天然自生地、收藏室、市集或農家庫房。收集者的喜好次序應是由田間到收藏室到市集。

在偏遠的農村地區往往定期舉行小的地方市集，可以成為種原的有利來源。在這些市集上，農民賣出自己的東西，這裡同時也是觀察一作物地區變異性的難得機會。可是，市集上的賣主和倉庫所有者可能故意混合不同品種以迎合顧客的要求。市集上陳列品亦往往沒有品種名稱及產地細節，因此，要了解樣本的地理來源，以及在那一階段介入人工混合是非常重要的。

收集者在取樣前應對收集場地做一仔細的觀察。從評估環境條件的過程中，有若干機會獲得適應於特定生理生態壓力或能抵抗天敵的基因型，由此取得與植物自生地之關聯。這個方法曾用來獲得有用的番茄野生種(Rick, 1973)和水稻的特殊類型(Chang和Perez, 1975; Chang, 1980)。

4.取樣頻率：以下列因子選定取樣點數及各點的距離：(1)區內的生態歧異度，(2)分佈型態，以及個體在群體中的密度，特別是在野生與雜草種，(3)在群體中發覺稀有(或目標所定的)變異。對於一分佈密度低而廣泛分散的群體，應在廣闊的地區內取樣，以代表此群體。

5.取樣技術：一般取樣的步驟是在預定的間距上，隨機取樣，並用混合群體(bulk)樣本代表一地點。收集者可定出一個穿越田間的一串分段取樣辦法，呈現十字型(＋)或對角線(×)或兩者都做。取樣時應避免只從田邊取樣或採有病蟲害的植株。在存有生物壓力如病虫害，或物理壓力如冷涼天氣或不良土壤條件的地點，應選取看來健壯的植株。

對野生或雜草類型，可在小區域內採集數株，並在一較廣的地帶內的幾個區域上重複取樣。這叫做群集(clustered)取樣方式。因開花期漫長，野生種應重複採集數次及數年以上，以彌補氣候對群體結構上的影響。

為獲得期望的個體而在以前曾取樣過的地區進行複查，可以採用細格法取樣。

6.樣本大小：什麼因素構成最適當的樣本大小？適當樣本大小的選擇取決於：(1)取樣頻率或每個地點的樣本數，(2)作物族群的歧異度和地點的生態條件，(3)便於取樣

的植株材料數量，並要保存足夠的原植株種使野生種能永續保存，(4)參與聯合收集活動的團體數目。通常，每一目標區內多設取樣點比在同一地點內多取種子為佳。

基於種種理論上的考慮，樣本大小的範圍由每地點 60 到 100 株(Marshall 和 Brown, 1975)至每一地點 200 株(Allard, 1970)，以至 500 株(Qualset, 1975)。一般建議是：以 95%的機率捕捉在一目標群體內具有大於 0.05 頻率的、隨機位點上的等位基因(Oka, 1969; Mashall 和 Brown, 1975)。Oka(1975)曾建議供野生類型、地方種、改良栽培品種用的不同樣本大小。

以一般性的指導標準而言，建議採用下列供水稻所用的比例式模式(T.T. Chang 和 D.A. Vaughan 未發表)。

群體類型	地點/每天	株或穗/每地點*	種子/每地點
稍加改良的	20-40	20-30	300-450
未改良的(地方種)	10-20	30-50	300-500
野生的	10-15	40-60	200-300
異交的	10-15	50-100	200-400

* 僅供一個收集隊

對於小粒作物，在樣本大小相同時，每株一穗比每株幾穗好，因單穗提供較廣的族群內取樣。在由農民的貯藏室或市集中收集種子時，需有較大量的樣本以補償活力降低或因蟲害而造成的損失。若要將收集到的種子直接進行中期或長期儲藏也需要較大的樣本(見 Hawkes, 1980)。當一個栽培種包含 2-3 種不同型態的類型時，最好將收集物分成「子樣本」，各子樣本給予不同的樣本號。

7.收集塊根類作物和塊莖作物：塊根類作物和塊莖作物比種子作物更難收集，因為：(1)靠挖掘獲得樣本很費體力，(2)樣本體積大，(3)必須在正好成熟階段收穫，(4)運輸和儲藏困難。田間的隨機取樣可能無效，因為許多族群是由單一的營養系(clonal line)衍生出來的。

栽培種應以選擇性取樣以獲得不同形態的類型。盡量在每個收集點收集所有極端的形態類型。可能的話，輔之以種子的收集。野生種的個別植株應在分散地點取樣。每 10-15 株收集一繁殖體。在廣闊的環境下，取樣地點愈多愈好。如果可能亦收取植株標本(Hawkes, 1980)。此外可以由 Hawkes 的著作中找到補充資料。

8.離體植物組織之採集：某些熱帶果樹植物可在田間採取胚(如椰子)或頂芽(如可可)，先用已消毒的小刀割下，植物部份亦予消毒後放入有培養基的試管再攜回實驗室，再接種後培育，甚至亦可直接種於小容器中(詳見 Withers, 1993 及附載參考文獻)。

9.田間收集表：設計良好並事先印妥的記錄表對於田間收集者有極大的幫助。最低限度應將下列資料記錄於表格上：(1)收集(樣本)號，(2)品種(種)名和當地名稱的譯名，(3)地點--行政區、村莊，及農民姓名，(4)成熟日期和收集日期，(5)收集小組成員姓名(號碼)(IBPGR, 1983b)。收集者可在這些資料外增加其他重要項目，如生態因素的資料、品種類型及其栽培型、籽粒或果實特性、海拔、地形、取樣來源(田間、曬場、儲藏室、市集)、樣本類型(純系、群體或個體)、取樣方法、野生種天然自生地、生長季節、田間的昆蟲及病害、其他植物群落、伴生作物、用途、土壤類型、pH 值等。表格可裝訂成活頁式，有一截角上印著樣本號，可以將其置入樣本袋內。有的收集者偏好將田間收集資料印在(或貼在)樣本袋上。近來可利用預製的條碼(bar code)。

圖 2.1 是 IBPGR 推薦的綜合表格的例子(見第 38 頁)。

10.植物標本：野生種植株應予收集，做紀錄，並保存植株一部份為植物標本。

2.5 收集後的作業

2.5.1 收集到的樣本的處置

收集到的樣本的處置包括乾燥以及用殺菌劑及殺蟲劑處理收集到的穗或種子樣本，將資料記在記事本內，並將樣本妥善包裝。如果空間不是限制因素，收集到的樣本如圓錐花序或穗狀花序，可以包裝成便於在實驗室裡仔細比較的形式；否則應包裝脫粒的種子。將每天的收穫記錄在按字母順序排列的名錄冊中以防止重複採集。

塊莖和塊根類作物樣本應妥善包裝在透氣的袋裡，以便透氣並使運輸中的損失減到最低限度。

對於蔬菜如番茄、南瓜、辣椒、馬鈴薯等應從果實中取出種子，清洗，並在兩層吸水紙間吸乾，再予風或晒乾。

植物引種過程中的其它探索後措施可以在《FAO Handbook on Plant Introduction in Tropical Crops》(Leon, 1984)中水稻一章(Chang, 1984c)內找到。野生種應在種植後及種子增殖時重新鑑定，建立植物標本，並給予適當名稱。其他作物資料可參閱該手冊第二版(Leon 和 Withers, 1986)。

2.5.2 植物檢疫措施和運輸

應當在地主國的國家中心存放一份收集樣本的複本，有時候這也是 IBPGR 資助的任務中合約協議的一部份。基本上要先觀察當地的植物檢疫規定和出口辦法，遵從地方法規，以便為往後收集活動取得地方當局合作與協助開路。種子應清潔、妥善處理、選種，以去除變色及有病蟲害種子。

近年來 IPGRI 資助的採集品亦規定在它指定的分站(英國及新加坡)先行登記及均分樣本。

2.5.3 資料彙整

收集者應保存活動的日記。旅行報告應包括行程安排、地方植物誌觀察、栽培方法、標明收集地點與生態特性的註釋圖、收集標本及合作人員的名錄等。報告應盡可能將資料充份記入，以做為後繼的收集者複收及密集收集的基礎。

收集材料的登記本應分別保存在地主國的國家中心和收集者的研究單位裡。這些資料應在日後輸入電腦化的資訊系統內。

在收藏以前應建立種子檔案、植株標本、果或花的彩色相片建檔。

2.6 尾語

在國內、外田間採集已有悠久歷史與偉績，但早年之探索與收集工作往往限於少許人之努力，績效因記錄之不公開，常在長時間後方得知，利用亦限於少許人。公開與合作性的團隊收集到 1950 年代後才發展並有系統化利用，亦因有合作性的籌劃，收集品的交換亦大有開展，簡而言之，國際間之合作仍由 IARCs 主導，以及保管所採集到的資料。

近年來因有「南」與「北」權益之爭，外國人不易進入種原豐富的「南」方國家自由採集，必須透過管道取得許可，否則一旦被查獲結果甚難設想，同時採到的材料亦必須與原產國瓜分同享，檢疫與出口手續都需妥善處理，此點尤應為私人企業自行收集者所注意。

採集之全盛期在 1970～80 年代，其中由東南亞學術與農業界熱心人員(RECSEA)合作收集之果樹、蔬菜、農作物等材料有數萬份之多，但往往基本紀錄不齊，亦少傳播，植物材料因缺乏保育條件，過半已流失，至為可惜，因此收集者不能忘卻保育的下一步工作。

田間收集表

考察隊/組織 ________
收集者 ________
種名 ________
(若非 *O. sativa*)
本地普通名稱/栽培品種名稱
____
語言 ________
意義 ________
地點： 緯度 ______北 ______南
經度 ______東 ______西
海拔 ________
村莊(或離最近居住點的距離及方向)
____
鎮/城市 ________
行政區/省 ________
栽培者姓名 ________
收集來源(圈選一項)

農田	1	研究機構	6
打穀場	2	田地邊緣	7
倉庫	3	野外	8
鄉村市場	4	其它(請詳述)	9
商業市場	5	________	

樣本狀況
野生
雜草型
原始栽培種
其它(請詳述)
樣本類型
種子 1 穗 2 營養體 3

標本 有 無
品種樣本
單一品種 1
品種混合體 2
取樣方法
隨機 1 非隨機(詳述) 2
來源
當地 1 外來(詳述) 2
品種群
秈型 1
稉型 2
爪哇型 3
雜交後代 4
分佈頻率
廣泛 1 偶有 3
頻繁 2 稀少 4
____
____
________ 收集號 ______
____

登記號 ________ (由種原中心指定)
收集號 ________
收集日期 ________
照片編號 ________
地圖 ________
栽培方式
灌溉田 1
看天降雨水田 2
深水田 3
高地旱田 4
紅樹林型濱河(海) 5
栽培制度

游墾	是	否
梯田	是	否
直播	是	否
兩次移植	是	否
混作式	是	否

播種日期________
移植日期________
收穫日期 ________
用途 ________
____
地形
沼澤地 1
氾濫平原(深水) 2
平原(淺水) 3
起伏不平 4
丘陵 5
山區 6
其它 7
地點
平地 1 山頂 3
斜坡 2 低窪 4
土質
砂土 1 淤泥 4
壤土 2 有機質豐富 5
粘土 3
排水
差 1 良好 3
中等 2 過度 4
註(蟲害/病害、植株特殊性狀、遺傳侵蝕情況、
籽粒性狀、其它觀察項目)

(可撕貼小角)

收集號 日 期 ______	收集號 日 期 ______

圖 2.1 田間收集表，IBPGR 推薦，適用於水稻(IRRI-IBPGR, 1983)。

第 3 章、作物種原的保存

摘要 種原的集中保存是遺傳資源保育的核心工作。它將收集、評估與利用聯繫在一起，同時亦包括了分贈及資料彙整。

在各種不同方式的保存中，對多數糧食作物而言，以乾燥種子冷藏保存是最有效的方法。高品質種子是延長種子壽命的前提。本篇列出了與保護種子活力有關的生物、物理及人為因素。分別論述了耐貯型及不耐貯型種子的貯藏條件；並討論耐貯型種子最長壽命的貯藏程序，種子包裝及安全措施。對於保存種子進行定期活力檢測是必需的。

其他保存方法包括無性營養體保存、植株離體培養、群體保存及自然環境下遺傳質保存。同時評述了離體培養的最新發展。

索引述詞：保存(preservation)、基因庫(gene bank)、種子長期保存(long-term seed storage)、耐貯型種子(orthodox 或 nonrecalcitrant seed)、不耐貯型種子(recalcitrant seed)、群體結構保持(preservation of population structure)、密封種子容器(hermetic seed containers)、離體培養貯藏(*in vitro* culture for storage)/裝運(shipment)、超低溫貯藏(cryogenic storage)、慢速生長貯藏(slow growth storage)、種子活力檢測(monitoring of seed viability)。

3.1 引言

不論是透過探索收集或是交換而得的種原，「保存」都是緊隨著作物種原收集後的一種必要措施。保存是連接收集與利用及評估的樞鈕，因此，保存應包括種子的分贈。此外，種原資訊的彙整也是種原保存的一重要部份。

為達到保存目的有幾種途徑。主要方法是：(1)長期種子保存，最好採用雙地制，(2)無性繁殖部份和不耐低濕、低溫貯存種子的保存，(3)生長點保存及其他植體組織的保存，(4)複合群體或混合群體保存區的建立，(5)自然狀況下保存區(genetic reserves)的建立。

對於多數田間作物而言，種子在低溫與低溼下貯藏是保存大量收集品和使其能夠分贈的最有效方式。無性繁殖體保存及不耐貯藏型種子的冷藏只能保障植物的有限活力。生長點或植體的其它組織用超低溫貯藏尚處於試驗階段。群體保存和自然狀況下

遺傳貯藏的建立已經有討論，但還未實行。植物園雖是地方有限，但也保存了某些有價值的植物。

3.2 延長種子壽命的必備條件

種子保存的目標是以最低的成本來延長所保存種子的壽命。因此，作物科學家在收穫、選擇及準備擬保存之種子時要考慮生物性及物理性兩方面的因素。此外，人為因素也影響作物收藏品的安全。

3.2.1 生物性因素

1.生理成熟度：最令人滿意的結果是利用已達生理成熟度的種子，雖然種子在進入這個階段時，含水率可能高達 30%。一般以最大乾重做為生理成熟度的判斷標準，但這經常是不容易確定的(Harrington,1972)。通常，稍提早收穫的種子品質比過熟的好。

2.種子的健康狀況：用來保存的種子，應該從那些未曾倒伏、未受病蟲害感染、未受霜凍及冰雹損傷、在田間未受缺水、水分過多或礦物質缺乏逆境的植株上收穫。這種種子也應當沒有被微生物及貯藏害蟲侵害。

3.無機械性損傷：一次收穫的種子中包括有未完全成熟、成熟及過度成熟的種子。對於具有不同成熟期的作物必需進行一次以上的收穫，以便將收穫過程的損害降到最少。在種子水分達到適當範圍時，用包著橡皮的滾筒進行脫粒，用較低的滾筒速度可以減少脫粒時的機械性損傷(Harrington,1972)。

4.穀物休眠性：不同方式的休眠性通常有助於延長種子壽命，硬粒或不易吸水的種子種皮，能使種子在埋入土壤中也不吸收水分(Barton,1961)。水稻是在濕季種植的作物，比種在乾季的作物有更強的休眠性(Chang 和 Yen, 1969)。

5.種間與品種間變異：作物的各個種間種子的壽命有很大的不同(Barton, 1961; Harrington, 1972)。在水稻不同地理起源的栽培品種中發現有明顯的變異(IRRI, 1981; Chang 和 Tolentino, 1983; Chang, 1991a)。

6.有些種有不耐貯藏的種子：這種種子的貯藏壽命有限並且會由於乾燥而死亡(Chin 和 Roberts,1980)，稱為不耐貯型。

3.2.2 物理性因素

1.溫度：種子貯存時四周空氣的溫度和濕度是共同決定種子壽命的主要因素。粗略估計，貯藏溫度每增加 5℃，種子壽命就減少一半。這種規律適用於 1～50℃之間。高溫的不利影響從生理成熟一直延續到收穫、運輸、乾燥，以及從開放架式貯藏到冷凍貯藏(Harrington,1972)。

2.濕度：許多作物種子是吸濕的--它們的種皮自周圍的空氣中吸收水份，直到種子水份含量和周圍的相對濕度(RH)和溫度達到平衡。空氣溫度、相對濕度和種子含水量的關係通常是一個 S 型(sigmoid)曲線，叫等溫線。作物不同，等溫線也稍有不同(Harrington,1972)。

再者，據粗略估算，種子含水量每增加 1%，種子的壽命就減少一半，這種估算適用於 5%到 14%之間(Harrington,1972)。近年來，Roberts 和其它同事們已將這個因子修改為 2%(Roberts,1979)。

3.溫度-濕度的交互影響：上述溫度和濕度對種子壽命之影響僅可單獨應用，兩者有相互效果。例如，含水率 10%的種子貯藏在 20℃時，其壽命與含水率 8%而貯藏在 30℃的種子一樣長(Harrington, 1972)。Roberts 和 Roberts(1980)及 Ellis 和 Roberts(1980)均提出了關於種子壽命的預測。不相同的作物種類對於溫度與濕度的變化各有不同的反應也是合理的。

4.其他因素：氧的含量高有加速種子喪失生命力的傾向，特別是水分含量高的種子。CO_2 或 N_2 含量高或真空條件可以延緩種子變質。種子用紫外線照射會更快地變質，輻射對種子是有害的(Harrington, 1970)。

3.2.3 人為因素

大型種子貯藏中心的管理需要持續的人力和行政支援、持續的經費支持、收集者、其他管理者、使用人員及種子生理學家的共同合作及冷藏工程師的協助。政治的不穩定、戰爭或內亂的破壞、自然災害如地震及洪水、電力供應不可靠，也會增加種原收集品的損失(Reitz, 1976; IRRI, 1980b; Chang, 1984b; Goodman, 1984)。綜上所述，種子的安全需要基因庫工作人員時時專注的照顧以及警戒，而這些人員已往往負擔過重的經常性工作(Chang, 1984b)，在人員、管理或資金提供方面發生問題時，會導致可貴的種原喪失的實例，有 Larson(1961)，Mengesha 和 Rao(1982)及 Goodman(1984)的敘述，應有警惕。

3.3 生產高品質種子為保存及貯藏用

收集的新鮮種子在數量上常常不能滿足直接用來貯藏，每次的繁殖或更新應生產足夠的及具高度活力的種子。種子繁殖的管理操作應考慮到保存原始群體的遺傳結構。

3.3.1 種子生產的數量

盡可能在少數幾次繁殖中生產大量足夠貯藏及分贈的種子。應避免小區田園的經常性更新(繁殖)種子，因為這種方式的更新：(1)可能在鑑定樣品中產生錯誤，並增加機械性混雜，(2)不適應或有敏感性狀的新收集品有可能喪失，(3)當群體很小時，會引起某一小群體的遺傳組成改變或流失(genetic drift)，(4)增加額外的工作負擔和增加田區的需要量及貯藏空間(Chang 等,1979)。

一般估計，每份材料作為全套材料長期貯藏時，至少需要 3000～12000 粒種子(IBPGR, 1976b)，為進行評估與分贈之用而貯藏於中期庫的常用材料，其需要量更大(Chang 等,1979)。

許多種子庫在保存的種子儲備耗盡或活力降低時，依靠育種工作站來提供新鮮的種子。至於地方品種或野生種，理想的繁殖地點是在原產地或相似環境條件的地方。不過，許多種子庫發現，要徵召擔負這種任務的合作者是很困難的。各國際農業研究中心的基因庫通常是在他們的農場繁殖種子來儲備。勉強在異地(*ex situ*)條件下進行種子生產，有時種子產量會很少，並且可能因不適應或受環境影響或感染病蟲害而損失收集品，有時需分期播種以配合品種的光週期反應(Chang, 1980)。

3.3.2 保存群體結構的方法

對於自花授粉品種，種子應稀疏撒播或以單株插秧以徹底去除機械性混雜。要完善防除病害和蟲害。土壤要肥沃，但肥料應適當施用。自國外引進的種原，在最初種植時要進行植物檢疫手續。不同成熟期或不同光照反應的材料應在不同時期播種以便獲得最多的種子，並避免對不適應的個體進行選種。表現型不同的樣品，如紅色種皮與白色種皮，可以分成兩份材料來保存。同名品種的生態品系也可作為不同的材料分別保存。原始群體中其它變異不大的樣品，應該視為一混合群體(bulk)而全部收穫。收穫的植株應捆成束，裝入布袋中以免在運輸和乾燥過程中發生機械性混雜，並降低脫粒到最少程度。

對於野生種，很重要的一點是要為它們提供與原產地相似的環境條件。野生群體的栽培數量要足夠保存它們的遺傳組成。對於水稻的地方種和野生種，每個群體要分別種 20～100 和 4～6 株(Oka, 1983)。野生稻的每個穗要套袋，以減少自然雜交，並便於種子收穫減少自然脫粒的損失。收穫的種子應以混合群體(bulk)保存起來。Oka(1983)曾進行種子譜系法與混合群體法的比較研究。

對於異花授粉作物，用下列方法之一進行種子繁殖：(1)在隔離區種植，(2)自交或姊妹交，(3)綜合品種，如玉米品種保存(Timothy 和 Goodman, 1979, Hallauer, 1995)。異交作物，例如珍珠粟基因團保存的問題，Burton(1976)已予討論。

對於多年生和根莖類野生種，應當採用的措施是防止地下莖侵入鄰近材料區或變成一種令人討厭的雜草。這類野生植物的種子如落入土壤中可以在幾年內還保持活力。

對形態與農藝性狀的系統化特性調查，可以於第一次種子繁殖時即進行。

在種子播種前，應從原種中取出少量種子並置入「種子檔案」中。這種檔案在日後，當保存專家發現需要用原始樣品進行比較，用來檢驗繁殖種子的純正性時，就能顯出它的價值。關於鑑定的其他問題，詳見《*Manual on Genetic Conservation of Rice Germplasm for Evaluation and Utilization*》(Chang, 1976e)。

3.3.3 種子更新

種子更新(seed regeneration 或 rejuvenation)為保存工作中甚少提及而是一個艱苦的任務：當初次繁殖種子經分發而數量不多，或因發芽率有下降徵象後都須再次繁殖(往往多次)，稱之為更新。在工作上似乎是再一次繁殖而已，但更新步驟上仍為繁複並且需要格外小心，例如在整理與準備種子需與原本樣本(存種子檔案內)先作比對，無疑問後再下種，在生育期間須與已描述之農藝性狀儘可能一一比對，若有不符時則不予收藏或分別置放後再複對，入庫前尚需與檔案中標籤再對一下，以上是 IRRI 採取的方次與核對。

因更新是一費錢、費工、費時的操作，若份數眾多而人、土地、財力不夠時，它變成保存的一大瓶頸，甚至使保育工作癱瘓。據知幾個大的國家收集品在往年缺乏冷藏情形人需每年更新，工作人員難以擔任此項工作，據知印度的中央水稻研究所到近年為止每年需更新，結果是一半的材料已是名不符實，甚為可悲。

亦因更新工作不易，以一次多繁殖種子數量為宜。即使在 IRRI 因土地、人員、病蟲害等限制，二十多年來尚未完成更新工作，這亦不是行政人員所能了解其中若衷者。

3.4 種子冷藏保存

3.4.1 種子貯藏的特性

許多作物的種子可以在低含水量及低溫下貯藏，這些種子稱之為耐貯型(orthodox 或 non-recalcitrant)種子。另一方面，某些熱帶特用和果園的作物，如茶、咖啡、可可和橡膠樹的種子在這種溫度和濕度狀況下，將很快地變質並在短期內死亡--這就是不耐貯型(recalcitrant)種子。無性繁殖體或器官對缺水和寒冷的忍受力也很低。

3.4.2 耐貯型種子的貯藏條件

全套材料應在低水份含量、低溫、低相對濕度和密封盒等理想條件下，分套在不同地點貯藏。昔聯合國糧農組織專家小組最初規定-18℃和 5±1%水分含量作為標準貯藏條件。這一組條件為長期貯藏(long-term, LT)的條件。在長期貯藏下，種子活力估計可能超過 100 年(Roberts 和 Ellis, 1977)。

不過，這種溫度和濕度狀況很難保持，特別是在潮濕高溫熱帶區。國際植物遺傳資源委員會(IBPGR)種子貯藏研究小組曾建議用-10℃較高溫度的水準(IBPGR, 1976b)，但另一方面，在-10℃貯藏種子，種子需要更新的頻率為在-18℃貯藏時的一倍(壽命減半)。

例如，在 IRRI 長期貯藏的水稻種子，含水量為 6%，密封在減壓(0.5 大氣壓)的鋁罐中，貯藏在-10℃下，相對濕度為 37～40%空間，壽命可望在 50～100 年以上。在全世界，有長期貯藏條件的基因庫，直至今日為數不多(Plucknett 等, 1983)。

許多常用材料貯藏在中期(medium-term, MT)庫中，溫度範圍為 0～10℃之下，四周空間相對濕度為 15～50%，種子貯藏在密封良好的容器內，往往為瓶子或鋁箔袋，預計種子的壽命為 10～30 年或更長一些(以各種因素的綜合作用而定)。大約 30 個以上基因庫有這樣的設備條件(Plucknett 等, 1983)。IRRI 較早的中期庫的條件為種子含水量 8.5%，溫度 2～3℃，相對濕度 60%，種子密封在放有大量矽膠的玻璃瓶內，種子壽命可保持至少三十年，其中二個熱帶品種經 26 年後萌芽率未見變化(Chang, 1991a)。現有的基因庫體系下為含水量 6%，減壓鋁罐，2～3℃，相對濕度 40%。

植物育種家廣泛地使用短期庫。短期庫的貯藏條件變化很大，因而在開放型貯藏器或密封的貯藏器中的種子，在架上的壽命(shelf life)在 3 年(熱帶)到 10 年以上(在非常乾燥的環境條件中)，不易預測或保障，因此常行更新。

3.4.3 不耐貯型種子的貯藏條件

不耐貯型種子的貯藏辦法用於某些水生植物種、許多大體積種子的種、多數熱帶樹木種、果樹及若干木材用樹種。有這種特性的經濟作物是咖啡、茶、椰子、油橄欖、橡膠樹和美洲野生稻。不耐貯型種子不能以降低含水量來使其乾燥並保存活力，因此不能在0℃條件下貯藏。有些種甚至在10～15℃時就受到冷害(Roberts, 1975; Roberts 及 King, 1980)。而且，貯藏中受失水的損害(Harrington, 1972)，微生物污染和胚芽自行發芽造成了額外的困難。King 和 Roberts (1980)與 FAO(1996)已提出不耐貯型的種名錄。

種子或其他生長組織經適當的處理(洗淨、加熱、及消毒殺菌)後，密封在薄聚乙烯袋中是隔絕潮濕、免除微生物生長和發芽的最實際方法。這樣，種子貯藏的壽命可能延長，但相對於不耐貯型種子而言，總壽命仍是較短(從 6 個月到幾年)。浸放在液態氮中可能是一種替代方法，但還需要進一步研究以改善這種技術(King 和 Roberts, 1980)。近年來將胚芽置放在液氮中似為一可行之途徑。

3.5 耐貯型種子中期和長期貯藏的準備

3.5.1 選擇高品質的種子進行貯藏

只有明顯沒有受到高溫損傷或機械性損害、表面沒有微生物或害蟲侵害的高品質種子，才可用於中、長期貯藏。精選的過程包括機械選擇與清理、燻蒸、用外觀檢驗或用電動種子精選器單粒選擇，挑出雜草種子與混雜的種子(Chang, 1983c)。

3.5.2 種子乾燥

對中、長期貯藏的種子，含水量必須先降低到短期貯藏的安全水準(10～13%)。同樣重要地，種子要慢慢乾燥而不以高溫加熱來乾燥。這種處理可在已除濕的環境中達到。否則加熱到 50℃以上者種子壽命將明顯縮短(Harrington, 1970)，用陽光曬乾亦有損害，並且乾燥程度不均勻。

通常種子乾燥的方法有：

1.將防潮劑，如矽膠，包在多孔的紙袋或細網布袋內與種子放在一起，盡量用多量矽膠，然後放在密封乾燥器內。2～3 周後用新的有效矽膠換一次，種子含水量可降到 8～9%。IRRI 在 1963～1978 年曾用這種方法，種子壽命在 2℃下超越三十年，顯示是一種安全的作法。

2.將種子放在空氣乾燥房內乾燥。英國皇家植物園 Kew 在 Wakehurst 的分站植物園及在 Wellesbourne 的國家蔬菜研究站用的組合是 15℃和 10～15%相對濕度及良好的空氣循環(Cromarty 等, 1982)。在日本的筑波，國家農業生物資源所的種子保存中心，用的方法是將種子放在保持 25℃和 15%相對濕度的房內慢慢乾燥，直到達到所要求的含水量(Kumagai, 1979)。我國的種原中心則使用 20℃和 8-10%R.H.吹風使乾燥。

3.含水量 11%的水稻種子裝在用錫箔型(大小)紙袋(paper coin envelope)中，經過一串的循環處理：烘箱維持在 38℃，箱內空氣不斷循環，頂部的空氣則吸進一個由 lithium chloride 吸水劑的迴轉式去濕機，溫度稍增高，接著在一冷氣機迴形管群中冷卻至 8℃及 13% R.H.，再打入烘箱內經加熱，維持在 38℃，在此循環系統下吸水量大增，在 20 小時內可將種子含水量降至 6%；同時去濕器的輪圈不斷吸濕、加熱後去濕，繼續有除濕作用。在 IRRI 就是用這種乾燥方法進行中期及長期庫種子的乾燥(IRRI, 1980b; Chang, 1983c)。

這些方法可能還會再改善，但種子保存專家們首先考慮的是一個適當的濕度計算圖與水氣壓力計算圖，以測定種子在不同溫度系統下，相對濕度與種子含水量的平衡關係。作物品種在相對濕度平衡關係上大不相同，特別是在低油脂含量與高油脂含量的種子間有差別。對水稻、小麥、大豆、花生的曲線已由 Cromarty 等人(1982)提出。因為作物種子大小的不同，空氣流動速度和乾燥所需時間要單獨計算。Cromarty 等人(1982)的指導可能是有益的。大粒種子的乾燥過程需要兩個階段：第一階段 17～19℃，相對濕度 40～50%；第二階段為 30℃，相對濕度 10～15%。油脂含量高的大粒種子如花生，以兩個乾燥過程較好。

油脂含量高的豆類種子，如大豆的保存，需要特別注意，含水量要保持在 10%以下，但不能低於 6%。乾燥的溫度不應超過 43℃(Carter 和 Hartwig, 1962)。

二十年前報導的冷凍乾燥是另一種方法，把種子含水量降到 2～5%的範圍，以防止由於熱和過於乾燥而發生潛在的損害。用這種技術在溫和的溫度下可以改善種子的耐貯性(Woodstock 等, 1983)。不過，冷凍乾燥設備並不是所有種子實驗室都具有。

近年來英、美二派種子生理學家各創有關種子貯存的論說，英國 Ellis 等建議將種子含水量降低至 4%較合長期貯存有效期限(Ellis 等 1989, Ellis, 1991)。另一方面美國學者主張貯存不同種子在 19～27%R.H.空氣 5°～20℃環境下均可(Vertiucci 和 Roos, 1990)。此種論說尚未經長期試驗，亦不易為一般大規模的種原庫做到，不可輕信。

3.5.3 密封與貯藏前種子含水率與發芽率之檢測

因為任何設備都可能功能失常或失效，進行乾燥的種子量應多於所需量。乾燥過程後種子含水率應予檢測(參閱 1976 年 ISTA 規定和其 1981 年對程序的修定)。Cromarty 等人(1982)已確定了程序的主要環節。發芽試驗應在開始加工及選擇過程的初期進行，以確保種子貯藏活力的安全。

3.5.4 密封種子容器的選擇

多數作物的種子是吸濕的，同時冷藏條件--特別是相對濕度因子，可能不穩定，因此使種子含水量不變的最保險方法是使用不透濕氣的種子盒，也就是密封種子容器。

密封種子容器有三種類型：金屬的、玻璃的與塑膠的。有密封蓋的金屬容器，價錢相當低廉，有長久的保存作用，只要不生銹(如鋁製的或塗一層塑膠薄膜的)，這種罐子的罐蓋應有一個高品質並有彈性的橡皮密封墊。IRRI 的鋁罐是由一片鋁片壓出來的，不像一般鐵罐是用鐵片圈封起來，再在騎縫線用融化的鉛銲接塗鑄而成，再加罐底。需用配備有真空幫浦的封口機，抽氣後以雙鎖方式將罐蓋封閉。有的中期庫用有螺旋蓋的罐盒，蓋內有橡皮墊帶，可再次使用，但不應過度用力旋緊。

玻璃種子瓶用的是管狀瓶(vial)、瓶子(bottle)與廣口瓶(large-mouth jar)。每種類型都要有螺旋蓋，蓋內要有墊圈。橡皮墊圈比紙墊圈更好。為監控玻璃瓶內的濕度，如矽膠，不論是單色(無色)或變色的指示劑(乾燥時為藍色，潮濕時為粉紅色)，均可放在玻璃瓶內。這種去濕劑，作為低濕度含量的保持劑、指示劑作為濕度變化的指示。再次乾燥後，氯化鈷紙條也可使用為指示劑，但其對濕度的變化非常敏感，而且只在濕度非常低的水準時才有效。

塑膠製的瓶子、廣口瓶、紙袋、聚乙烯(PE)鋁箔袋都可使用為短期貯藏。對於少量的種子普遍使用的是鋁箔袋子。鋁箔袋子不能裝滿，也不能裝表面粗糙或有刺的種子。這種鋁箔-PE 袋子可作中期貯藏用，亦有種原庫將它用在長期庫，可靠程度尚不明。

當大量生產時，所有的塑膠容器在品質上都有變異。所以用久後所有塑膠都會變彎、變脆，或隨著時間而產生看不出的裂縫。因此，塑膠容器需要在使用前試驗其密閉性並定期檢查它的不滲透性。在國際稻米研究所的試驗中，塑膠瓶和鋁箔袋子在最不良環境下保持密閉性大約四年(Chang 及 Tolentino, 1983)。關於這些種子容器的討論，可見 Cromarty 等(1982)及 Chang(1983c)的著作。

3.5.5 記錄

在中、長期庫貯藏的種子，每個樣品的編號應在貯藏盒內外均加上標記。常用的方法是貼標籤和使用不褪色墨水寫標號，也可用打號機將號碼打在紙上，容器內外都應有標記。近年來可用電腦錄印有條碼(bar code)的標籤。

種原保存的貯存紀錄上應包含：(1)材料編號，(2)種植季節/種植年份，(3)包裝日期，(4)樣品或一批樣品包裝時的活力率，(5)整批種子的重量，(6)貯放位置(種子架編號)，(7)更新時間表，(8)有關分配或種植利用的紀錄。這些用電腦儲存的資料應在種子貯藏過程開始時就建立。

3.5.6 有效率的種子冷凍保存設備的應具條件

中、長期種子冷藏保存設備的安裝、管理與維修是耗用經費的。對設計與設備必須要仔細選擇以適應該作物及相關的需要。要慎重考慮下列因素以保證效率和安全：

1.種子庫位置的選擇要確保安全及管理的功效：應考慮到水災及地震等危險因素，必需要有電力供應的替代設備。

2.設計的功能性：設備的設計必需要符合溫度與相對濕度的特定需求。對不同工作區域的空間安排，諸如種子處理、裝罐及貯藏，在操作上必需依照作業程序排列。乾燥(無水)區和潮濕(用水)區要分開，需要全日空調的地區與普通工作區亦分開，並有緊密的門戶與窗戶；低溫庫門前往往需要一空間(air lock)來隔離潮濕高熱的空氣，此空間需要除濕與冷氣。

3.冷凍室及逐步冷藏室作有效隔離，以及從較暖的地方向較冷的地方除濕，將減少機器運轉及維護成本。若有滲漏要立即補好。

4.貯藏室各部份的冷卻要均勻，有 24 小時空調，這是基本要求。

5.有效的密封容器是溫濕度控制上可靠的保證。在裝罐或裝瓶之前的開放貯藏(open storage)期間要盡可能縮短，以免種子壽命減短。

6.要選擇簡單、有效和十分安全之操作裝置及步驟，並提供額外的後防設備、條件及零件以便設備發生問題時使用。

7.良好的維護是長期運轉的決定性因素。

8.活動架可以增加可用的貯放空間。

9.定期檢測種子保存容器、種子含水率及監控設備之準確性。

IBPGR 種子長期貯藏工作小組(IBPGR, 1976b, 1985)、Cromarty 等(1982)及

Chang (1983c)對這些方面有詳細的討論。對於少量收集品，用家庭用的食物冷凍箱就可以貯藏(Ellis 及 Roberts, 1982)。再者，密封的容器例如小玻璃罐或小瓶也可提供理想的保護。在設計一個國家種原庫時應仔細考慮與測定，在著者協助美國 NSSL 重建其設施時，錄有一組專家的研議，可供參考(NRC, 1988)。

3.5.7 種子入庫前調製與處理法參考

有關耐貯種子在乾燥後應有各種步驟，如測含水份與發芽率、燻蒸除蟲，有助選擇的 X 光以測視機械性損傷等等，工作人可參考 Chang(1976e), Justice and Bass(1978), Leon(1984), Hanson(1985), Ellis etal・(1985a,b),Leon and Withers(1986)；但應注意 IBPGR 委託出版的手冊(Hanson, 1985, Ellis 等 1985a,b)中有若干不易為種原人員所能在大量工作上使用者，應考慮簡捷與可靠之法。

3.5.8 種子有效長期貯藏的附屬說明

即使是耐貯型種子，長期貯藏也需要付出大量心力以達到最大有效潛力。種子活力退化是許多因素的效應，除了直接檢測發芽力之外，幾乎不可能發覺活力的變化。作物種原保育學家在種子入庫保存的計畫中應包括以下的操作管理項目：

1.定期檢查種子活力：種子活力的測試包括所貯藏種子的退化情況。發芽率測試時，每次可能需要用到百粒以上種子。用 tetrazolium test(TTC)法或循序測試法可以減小測試規模(Roberts, 1983)。對密封的種子容器和周圍空氣的間接測試，有助於將種子的損失減到最小程度。由於在同一個作物種內，如水稻，來自不同國家品種的種子壽命不同，使這一項任務複雜化(IRRI, 1981; Chang, 1991a)。

2.種子更新的臨界標準：決定何時種子應該開始更新，種子發芽率水準是關鍵問題。Roberts(1975)曾建議在種子活力降低到 85%時，為種子更新的依據。不過，這個規定對多數的貯藏計畫而言，顯得太高但不切實際。美國(NSSL)與日本等用約 50%的水準可能更實際些(IRRI, 1976a; Kawakami 和 Fujii, 1981)。

3.貯藏種子的遺傳穩定性：有些發現指出，陳年種子其突變和染色體變異的頻率明顯高於新收種子(見 Roberts, 1975)。這種現象對某些作物種來說，可能是會發生。在溫度為零度經過十年多的情況下，水稻栽培品種尚有 50%或 50%以下的活力，但在 IRRI 進行測驗中，沒有發現突變率增加。

4.冷藏設備的可靠性：手邊必須有冷凍設備零件以作為安全措施。對中、長期貯藏室也須要有應急的發電機，並需要冷藏工程技術人員的經費與全力支持。

3.5.9 無性繁殖種原的保存與去病技術

農作物中諸如馬鈴薯、甘藷、樹薯、山藥、甘蔗，塊莖植物，多種果樹都屬無性繁殖並維持的作物，它們的長處是沒有自然雜交與後代分離之慮，易於繼續繁衍同樣的遺傳質，可是亦需要不同的方法並且繁殖比率不高。

保存方法通常是將一套收集品種於田間，給予適當距離與標誌(並另繪田間地圖)予以保存或繁殖，有地下根或莖的材料必須避免地下的交錯混雜，收穫前必須查對。第二套可種於網(或溫)室盆罐中；注意防除昆蟲，以免傳染病害(尤其是病毒)若可用組織培養則採用生長點做離體培養法，經相當時間後再分植，亦可置入液態氮罐內保存。

無性繁殖雖無自然雜交之可能，突變(田間一分枝上或培養基上之組織)仍可能產生，應予注意。將近成熟的植株亦需有完整的描述，供來日參考。以馬鈴薯、樹薯及柑桔為例，在初步繁殖過程即應進行去(或避)病的技術，利用高溫處理(38℃)壓制病毒或用再度分割，獲得健康的後代，但仍得用 ELISA 血清鑑定；另用 isozymes, PCR, RARD, RFLP 等技術鑒辨外形相似的樣本。

以上方法已有多處使用，美國另設八個 Clonal Repositories 來保存此類經濟植物，有價值的參考文獻可見 Westwood, 1986, 1989; Towill(1988); Chang et al.(1989); 農業試驗所(1995)。

3.6 其它類型的貯藏及保育技術

3.6.1 無性繁殖冷藏

馬鈴薯塊莖在 4℃可保存 19 個月(Hawkes, 1970)。不過，這種貯藏期屬於短期的範圍。因此，祇要是不嚴格要求基因型固定，以保存種子較為有利。馬鈴薯種子像多數的耐貯型種子一樣，有良好的貯藏性，但後裔會有分離現象。

山藥塊莖可以在 15～20℃貯藏。小塊莖有較好的貯藏壽命。氣生塊莖的貯藏壽命可長到 2 年以上(Martin, 1975)，可參閱 Rocca 等(1989)討論。

3.6.2 植株部分的離體培養

最近的研究指出，以馬鈴薯、甘藷、樹薯和山藥幼芽生長點繼續培養進行組織培養貯藏，不僅費用低廉，且可避免病蟲害、氣候變化及土壤問題等影響。而且這種方法對於國際間的交換也是方便的(Roca 等, 1979, 1989; Henshaw, 1997)。塊根、塊莖

類的節部切段，可繁殖大量的營養系。生長點培養可按規定轉移到新鮮培養基中繼續保持下去。用轉換不同培養基的方法，可獲得單一或多個生長點培養體。在最慢生長的環境下貯藏，樹薯培養基的移轉間隔可以延長達4年(Roca, 1984)。在國際熱帶農業研究中心(CIAT)，樹薯種原收集品中有 3500 份材料，50%以上放在組織培養庫，貯藏於緩慢生長培養基中(W.M. Roca, 個人通信)，超低溫液氮貯藏也顯示出某種希望，特別是對木薯和馬鈴薯(Henshaw 和 Roca, 1976; Grout 和 Henshaw, 1978)。

組織培養適用於單細胞及原生質體、花藥和花粉、生長點、胚芽、癒合組織及細胞懸浮體。隨著植物種類的不同，部份或所有的培養體都可以保存。對於生長點，培養程序包括：(1)選擇適合的材料，(2)健康樣本的取出，(3)生長點取出與植株更新方法的選擇，(4)對生長點長出的植株，更新所需的培養條件最優化，(5)培養體在營養最低的培養基，或降低溫度條件下(即 6～9℃)或用液態氮在-196℃冷凍貯藏，(6)應用貯藏植株的生長點進行更新(Withers, 1980; Wilkins 等, 1982)。雖然組織培養只要相當小的空間，保存相當簡單，費用低廉，能保持無病毒條件，但它也可能發生難以解決的問題如：再生困難，培養體在貯藏過程中遺傳性會變得不穩定，形態遺傳的潛力可能會喪失，或培養體內含有許多異常的細胞(D'Amato, 1975)。因此，期望能用液態氮貯藏，並用合適的低溫保存劑保存。這種技術正在發展並改良。但對許多種作物而言，利用這種技術仍需進一步的試驗與改善(Henshaw, 1975; Withers 1984, 1991, 1993)。這種技術需每隔 60 天補充一次液態氮，但不需花費電力。目前使用液氮保存的作物有部份種子類作物，如番茄種子。

Withers(1980)認為：需要許多生理學/生物物理學的研究，以便了解在冷凍處理前的前處理管理及冷凍處理後的恢復生長時期，由細胞之生長及內在功能之現象，而瞭解冷害之作用。當這些方面研究得出結果時，組織培養保存就可能變成一種常規保存及進行交換的工作。可以預期在未來，凡能以組織培養保存之植物，將以超低溫做為全套材料，而以緩慢生長環境(條件)做為常用材料(W. M. Roca，個人通信)。

3.6.3 群體保存

群體是一綜合族群，由一系列廣泛背景材料自由相互雜交而得。這些材料包括已適應之當地品種及由外引入之初始或野生品種。這些材料可提升育種之成效(Simmonds, 1962; Frankel, 1970b)。關於這種方法的可行性和結果，目前還沒有資料。

3.6.4 遺傳質保留區

遺傳質保留區包括提供有組織的保護給瀕危的野生種、牧草、森林樹木群落。這種群落是在距它們原產地最近或最適合的生態系統中，以保證群落繼續生存和演進的潛力(Frankel, 1974, 1984; Jain, 1975)。1974 年 Frankel 曾敘述過與人類有關的野生種範疇的時代標誌，以及對就地(*in situ*)保存的遺傳系統的各種要素。目前已開始進行一些努力，來建立遺傳質保留區，但其管理和成功的利用仍有待試驗與闡明(Prescott-Allen 和 Prescott-Allen, 1981)。

3.6.5 就地保育

近年來生物界人士鑒於種子庫的可靠性可慮及智慧財產權的困擾，注意力轉向就地(*in situ*)保育，認為是另一種辦法，其實它不是一新辦法，在森林方面，應屬最可行者，已提倡多年，祇未見實現。在農業方面可適用的有：原始性老品種、近緣野生親屬及遠緣野生親屬。進行方式是(1)設立保留區，(2)維護目前生長地點，(3)添加鄰近自然保留區內的種植。在稻作方面，栽培稻有若干經少數民族在保留區內不斷種植，並有當地小學，指導學生每年栽種，或由政府鼓勵(實為規定)種植小部份地區。在緬甸、泰國與印度可見若干小規模行動；菲律賓的著名梯田區則大半為老品種，尚有七、八百之多。野生親屬則少有保護。許多原生地因公路或寓所的開發、水壩的建立，乏人清理水道，所剩無幾。台灣新竹(多年生)及桃園(一年生)的野生稻已在原生地滅跡，誠為可惜。泰國與印度亦日趨消失。少數政府建立的保留區亦因當地人民的不合作或破壞，地方機構缺乏財力與人力，尤其是技術人員的投入不夠，管理有困難。其他因種子不易收集及貯藏、缺乏技術與環境的管理、不良氣候的損害、當地人民不願參與，甚至破壞環境，就地保育工作前途缺乏保障。但在田間、市郊，若有農民繼續栽種，及都市住戶合辦民間組織保留舊品種種子行動，確是一有效方式。總之，應有關心人士自行續辦；政府的投入不易持久。吾人應了解，*in situ* 與 *ex situ* 保育二法應互相協補，增加保育的功能。有關作物就地保育的討論可參閱 Vaughan 與 Chang (1992), Brush(1989)，糧農組織的一小手冊(FAO, 1989)，NRC(1993)報告，與糧農會議報告(FAO, 1996)，實際的成功例子仍是少見(FAO, 1996)。

3.6.6 生物技術之應用

近年來生物技術之大進展集中在遺傳因子定位或移轉之應用，與保育工作饒有價值者為：

1.大規模並迅速的繁殖營養體細胞及組織。
2.離體型細胞或組織培養，延及貯藏。
3.引致多倍體的形成。
4.細胞原生質之操縱，用以雜交。
5.以原生質體轉移基因。
6.超低溫貯藏。
7.鑑別種原間之異同並估測歧異程度。
8.鑑定病毒的存在。

雖然以上利用法較適用於作物改良，產生之新遺傳材料亦擴大了種原的範圍。在本章及後段(尤其是第 4 章)對上述題目亦有討論，較詳細的敘述可參閱 Dinoofor(1988), Withers(1991), NRC(1993)及 Stalker 和 Murphy(1992)書中數章；超低溫(液體氮)的貯藏技術可參閱 Sakai(1984), Withers(1991), Bajaj(1989)等。

3.6.7 種原中心之體系與管理

一個完整與設備良好的種原中心必須有一整體設計而得的組織、設備人員、業務規劃與預算及支配，並滲入近代的管理制度才會持久並發揮作用，因業務屬任務的首題，一個中心應包括下一系列的工作：

1.收集，徵集，交換。
2.繁殖，更新。
3.特性描述。
4.庫內、外保存。
5.記錄檔案與資訊制度。
6.分配，交換。
7.種原的研究。
8.人員的培育。
9.與其他研究人員、評估人員與育種人員的聯繫與合作。
10.給予較小場所在種原上支援。
11.國際上聯繫與合作。
12.公共關係之建立與宣導工作。

因此籌劃、人員結構、任務的執行、業務的管理與其他機構的合作與聯繫為五大管理上題材。根據著者的個人經驗，一個種原中心必須將業務與人員配合使命，有服

務精神，不會孤立；中心內常有溝通場合，並與其他機構(單位)合辦，一個中心不能全做到的任務，如分地更新、評估與貯藏，有來有往相互。

中心內部有分工合作、互助的措施，合作研究與交換經驗，前一輩帶領後一輩，在工作中訓練自已及後人，在種原內找尋可研究及發表的題材，授予發揮負責性的工作，並有進修及進昇機會。種原人員若樂予助人，必有回報[illegible] 受到尊敬，萬不可以種原當是私人的財產。對不良氣候、病蟲害發生或斷電均需警覺，常蓄有後備材料或設備。敬業之心：將每一份材料當為今世唯一的寶藏；亦願從其他學科人員學(見)習；各步驟均有複核。最大的考驗：能否使上司、同人(尤其是另一單位)了解種原工作的重要與不斷的需要與漫長無止境的各種支持，同時亦需開源節流，不浪費資源，不斷的改良作業。見 Chang(1991b)與 IRRI(1991)內討論與冷氣(空調)工程師應建立良好合作。

3.7　尾語

種原之保存誠為保育工作之核心，其重要性已明顯示出，但亦是一項最鉅重艱苦任務，若有過失全功盡棄，同時亦是最漫長無終的責任，應儘求簡便可靠的方法與設備，但不應為節省小錢使安全性受慮。

可幸者為大多數作物可用最簡省的低濕低溫貯藏到相當長時期(50 年以上是易達的指標)，最近二十年來冷藏與乾燥設備，以及絕緣材料大有進步，使可靠性大增，但人為因素：設計方面，日常操作，預防天災或人為破壞，維護及不斷改良仍是主要影響長期績效的主因。因此除可靠與長期經費支援外，種原人員之培育素質、敬業精神與職務上的鼓勵有更大的作用。

種原人員往往從育種或農(園)藝出身，遇到錯綜複雜的保育技術常有不可抗拒之畏，全球只有 Birmingham 大學開辦種原專科課程，但當地無一種原貯存設備及農場可供使用及實習，只有 IRRI 辦到實地學習課程二次，畢業生不多，其他訓練班亦只是上課或參觀，甚難學到並不高深但其中甚多學識的工作與較學術性的原理，並且保育包羅萬象，非一種專門學科即可充實所需學識，若從一群背境不同但均有農業科學訓練的人員共同研求，則可顧及多方的考慮。在一次美農藝學會上討論種原人員的培育問題時，大多數學者以為主修育種及遺傳者為宜，但著者認為種子科學、作物進化與擴大的生物系統學(biosystematics)，加上生物技術及電腦操作，才能組成一有效的隊伍。

近年來種子生理研究甚多進展，將生化引入，可惜大半是短期研究，靠研究生或

後博士做試驗，與種原中心無合作，因此在萌芽力的衰退與預測尚無可供種原中心使用辦法，尤其是 IBPGR 出資試驗及出版的手冊，並不適合樣本眾多、設備平平、人員經費不足的種原中心，至為可惜。

著者本人的哲學是聽、試、再做，新方法必須可靠、簡單、易用、不浪費難得的經費，同時做好基本工作：健康種子，隔絕良好之貯藏室，可靠容器與經常核對，在這種條件內 IRRI 種原中心仍是全球最高效率、服務最廣大的基因庫。

除種子庫外，各種就地保存的措置亦應研討使用，二者有互補之效用，因此需要農民與大眾的參予。

第 4 章、作物種原之評估與資料彙整

摘要 評估是種原保育與利用的前提，未經評估的保存材料將只是一種不明的收藏品。評估通常伴隨種子的繁殖進行，而資料彙整則是系統性評估的整合展現。

評估工作必須符合作物改良的目標，且應發展大群體篩選技術以擴大對材料的評估範圍。最初的試驗結果需通過更精密的試驗以確認成果。採取多學科的合作途徑是系統化評估工作成功的關鍵，另外於保育者與利用者之間建立有效的聯繫是十分必要的。

本章討論了有效的評估程序和提供良好保存條件的設計架構，亦介紹了國際稻米研究所(IRRI)遺傳質評估與利用計劃(Genetic Evaluation & Utilization Program)的綜合系統評估工作。由於需發展資訊管理以滿足作物科學家的特殊需要，因此本文也說明了以電腦為基礎之資料彙整系統的組成分。而在評估與資料彙整方面應建立國家間和研究所間各個層面上的合作。

索引述詞：初步評估(preliminary evaluation)，系統性評估(systematic evaluation)，特性描述(characterization)，大規模篩選(mass screening)，多門學科隊伍(multi-disciplinary teams)，遺傳質完整性的保持(maintenance of genetic integrity)，遺傳質評估與利用計畫(GEU Program)，資料檔案(data files 或 data base)，品種特性之說明(descriptors)，特性等級標準記錄(descriptor states)，資料增新(updating of data)，不平凡種原(exotic germplasm)。

4.1 引言

4.1.1 評估方法

評估為種原保育與利用的重要關鍵，而貫聯了整個種原保育期間的資料彙整工作，它在評估階段所扮演之角色尤為重要，因為資料的有無將影響育種者對已經評估種原利用的興趣，而評估結果若能自由交換亦將促進種原的交換。

評估過程包括下列步驟：

1. 種子繁殖與初步評估：在種子繁殖的最初過程中，育種者或保育者通常會記錄並注意農藝形態特徵、病蟲害之發生以及其他有興趣的項目，並於此過程中剔除明顯的重複以及將有希望的材料供做更進一步之評估試驗。此外，植物檢疫之觀察應結合

種子繁殖與初步評估進行。

2.系統化的農藝形態特性調查：國家或國際中心所保存之基礎材料的完整資料記錄係來自於對全部材料的長期調查。例如:國際稻米研究所之「國際稻作種原中心」(IRGC)研究人員即針對栽培水稻(*Oryza sativa*)進行了 45 項特性的記錄。此種大量的資料記錄係經由多次繁殖過程中所獲得，且這項繁重任務係由一支善任的隊伍合作完成。

3.利用大規模篩選(mass screening)選拔性狀：採用適合田間、溫室或實驗室試驗的群體篩選法評估有經濟價值及其他性狀的潛在價值，此法是進行有效評估的前提，通常是憑直覺與經驗進行，但強調簡單、迅速、可靠、鑑定材料數量多、金錢耗費不多的方法。

4.精密測試：經大規模篩選或其他簡單方法所鑑定之有希望的材料，需要經過更精密的測試確定其利用價值，以便為材料的利用或更進一步的研究奠定基礎。精密試驗常需要重複測驗、特殊設備以及對環境條件的有效控制，此時供試材料之數量應減至較少以便管理。

經過一系列試驗選留下來的新遺傳材料通常可提供一個或多個性狀的潛在優點，適用為理想特性之載體(親本)，但不一定可立即推廣利用。

許多經濟性狀受多個基因或複基因控制，受到明顯的環境效應，因此性狀是否有高度再現性(reproducibility)十分重要。

4.1.2 系統化評估工作的隊伍

1950 年代以前的評估工作大部分係由育種者或作物保育者針對一小量之引種或地方品種進行，評估方法多憑經驗且方式侷限，試驗結果往往未公開發表，種子保存雜亂無章，且未考慮延續性與安全性。許多有用或具潛在用途的材料常因育種者或保存者工作的遷移、興趣的改變或退休等原因而遺失。上述僅憑簡單描敘及憑個人經驗進行之評估工作，至今仍存在於某些小的實驗場所。

大量材料的系統化評估，須有一支包括多門學科的隊伍和各學科間合作的途徑來完成。若與單一學科比較，由於多學科工作成員間的互動可促進更豐富的試驗成果與激發更進一步研究的潛力；此外，由於對種原特性的需求日益複雜化和多樣化，只有依靠多種學科協同工作才能揭示其內部機制。近年來作物生理學家和化學家也加入了由育種、遺傳、農藝或園藝、植病與昆蟲學家所組成的傳統隊伍，甚至分子生物學家亦可助一臂之力。

多個作物科學家認為，缺乏系統性評估努力及種原庫評估資料的欠缺，已使育種者失去搜集與利用原始性材料的信心，不完整的種原資訊亦無法協助作物研究者制定未來的搜集計畫，且一旦發現了具抗(耐)性之種原後，對於其他可能有特定性狀的評估工作常常因此而不再繼續。

4.2 系統化評估的主要目標

系統化評估工作需花費非常多的金錢、人力與時間。進行性狀選拔時，應以經濟性狀為優先，並在物資設備、人力、財力等資源許可下制定篩選範圍與程序。

作物育種的最終目標主要為提高產量、增加產量穩定性、提高每公頃每日生產率以及改進營養與工業品質，而外來不平凡的種原通常可提供抗病蟲、耐土壤生態逆境(ecoedaphic stresses)及對人類營養等方面與工業品質的需要。上述有些性狀為相當簡單的遺傳因子所控制，但往往與某些不良性狀緊密連鎖。另一些複雜特性如產量潛力，是在植物體生長、發育和相互作用的漫長過程中形成的，應首先分析其基本機制，瞭解各組成因素的作用，並集中研究其中一、二個主要的因素，再集合其他因素，這樣做法比直接去研究複雜的最終產物較為有效。

開發不平凡(外來)種原有利基因的主要目的依作物和生態區而異。下面以六種作物為例，說明育種家對種原的需要。

1.小麥：對銹病生理小種具有穩定抗性；具葉枯病新抗源；新半矮性源；優質、耐旱、耐冷；早熟；具細胞質雄不稔系；耐酸性土壤的鋁害；與廣泛適應性有關的其他因子。

2.稻作：(A)高產地區：具有高產潛力，尤其對極端氣象條件具有特殊適應性；對病蟲害的多種抗性或耐受性；對不良土壤及不利水分狀況的耐性；高效利用氮肥；廣泛適應性；優良營養品質；新細胞質花粉不稔性。

(B)低產地區：耐深水；抗旱；耐土壤中不良元素；與雜草競爭力。

3.玉米：新細胞質雄不稔系；抗南方型玉米葉枯病(Southern corn leaf blight)、露菌病；莖腐、根腐和矮化病毒病；抗歐洲型玉米螟及穗螟。

4.馬鈴薯：抗病毒病、孢囊線蟲和根瘤線蟲；細菌性病害；對晚疫病具有穩定抗性；廣泛適應性；良好營養品質。

5.黍類(高粱)：早熟；矮稈；抗旱；耐鳥害；穗長而密；穀粒能耐氣候變化；根系發達；抗病蟲。

6.番茄：耐極端溫度、太乾或太濕；抗病蟲；可溶性固體物質含量豐富；適口性好；果肉厚；果柄易脫落；運銷期間果肉軟化緩慢。

4.3 評估過程應遵循的原則

雖然評估屬於作物育種、植物病理、昆蟲、作物生理和土壤學等應用生物學的主要領域，但在評估過程中必須考慮與種原保育有關的重要原則。

4.3.1 及早提供保育時機

為了貯存、進一步評估與交換種原，需要生產足夠量的種子或其它繁殖材料。關於在小面積內頻繁進行種子更新的弊病，在本書第 1 章「遺傳資源保育的原理」內已經闡明。此外，不足量種子往往為進行評估的一個限制因素。

4.3.2 適當的樣品大小

代表族群之適當樣品大小，取決於種原材料或族群內所具有之遺傳變異性、相關特性性狀的遺傳力、對環境可控制的程度以及試驗所需求的精確度。而有效的試驗設計與增加重複，有助於試驗者克服環境變異。

4.3.3 試驗環境的代表性

試驗站內土地環境及氣候往往缺乏代表性以致無法產生可用之資訊為評估工作之共同弊病，而於試驗站外及常發生病蟲害地點進行試驗，將可修正上述測試結果。具有植物病原體宿生之區域，可稱之為「熱點(hot spots)」，而於「熱點」區域進行大規模篩選是有效的方法。

4.3.4 重複樣品之性質

品種於培育、分佈過程中會因某種因素之影響而產生若干與原來特徵有明顯區別之異質品系，但仍繼續維持相同的品種名稱。此種於一個或數個形態特性(如:殼色、芒、籽粒顏色等)所產生之型態變異可能來自於自然突變或偶然的雜交。生態品系(ecostrains)為一個品種遷移至不同區域，在不同生態條件下產生，並經由自然和人工選擇後的產物。如在高原地區種植的高稈水稻品種，常因突變而出現一些半矮稈突變系。其他可能由於收穫、標籤錯誤和天然雜交等原因所產生之錯誤，將導致材料名稱

與原品種的性狀(如:植株各部的顏色，胚乳類型、芒、成熟期等)不符，此類重複樣品應重新編號與評估。簡而言之，品種名稱不是最可靠，還是用樣本號(accession no)為準。

4.3.5 對異質族群的保存

植物育種者或其他種原利用者通常要求植物族群具有高度同質性(homogeneous)。而另一方面，自農田採集的地方品種和在自然條件下生長的野生種則無可避免的屬於異質性(heterogeneous)或雜結合(heterozygous)。種原保育者為追求表面上之一致性，而對材料進行主觀的選擇和純化是不適當的。一些族群內的有利基因很可能在純化過程中，無知的丟失了。

同一家系族群(family)內，具有異質優良性狀的材料，應以系譜法分離與固定，雖然繁瑣費工，但為種原評估者責無旁貸之事。所選出材料應另行編號以與原始家系相區分並分別保存。而原始家系族群亦應保存其原有結構。有關維持族群的重要概念詳見 Frankel(1970b),Chang(1976e),與 Oka(1983)。

4.3.6 保存遺傳質完整性

種植材料時必須注意減少標籤差錯(labeling errors)和機械性的混雜。收穫的植株、果穗或種子應連同標籤裝入布袋內乾燥並運走。

自花授粉作物應收穫足夠量的單株(約 50-100 株)並將種子混合，而鄰近其它材料的邊行應當除去，至於有疑問的材料應查閱種子檔案和性狀資料進行核對再收穫，國際稻米研究所水稻地方種的更新繁殖則每小區至少種植 60 株。

異花授粉作物可按雌雄同株或雌雄異株來處理。對於這類材料，有以下三種取樣方式：(1)同時控制雌雄配子；(2)只控制雌配子的數目；(3)對雌雄配子均不控制。參見「三種控制方式下的玉米群體有效量的討論」(Hallauer and Miranda, 1991)。

異花授粉作物種原則需要在隔離區種植足夠的原始族群以維持其變異，如玉米，以 80-200 株為宜(Omolo and Russell,1971)。

4.3.7 評估資料的驗証

對容易感染病(蟲)的材料，可不必經過再次實驗即可紀錄其感性之結果。但對於由第一次試驗中評估出之抗(耐)病蟲的族群，則需要在嚴格控制條件下，進行重複試驗，以驗証最初評估的準確性。

此一步驟也適用於其它性狀的評估，特別是針對那些在田間試驗條件下易受環境或植株密度影響的性狀，亦可在評估試驗中增加對環境變化以及基因型與環境交感成份之試驗誤差之取測。

4.3.8 評估試驗的計畫與管理

每一種評估試驗都應視為一項科學調查，應有明確的目標、有效的試驗設計以及選擇週密的處理組合和對照品種，必要時還要進行環境控制以及完整的統計分析。評估資訊應鍵入電腦檔案中貯存以便於查詢與檢測。重複試驗的資料應與以前的試驗資料比較後再鍵入電腦檔案中，以更新舊有之數據。

對照品種最好不限一個，如抗病與感病的對照俱備。

4.3.9 種原保存者與其有關問題領域的科學家以及植物育種家之間的聯繫

種原保育者與有關問題領域專業的科學家以及植物育種家之間需有開放而持續的聯繫，對於評估工作的持續是十分重要的，如：國際稻米研究所負責遺傳質評估與利用(GEU)計畫的科學家，便透過每月集會一次以及研究各學科的年度報告和每五年報告來交換經驗。國際植物遺傳資源研究所(IBPGR)和來自許多國家的作物諮詢委員會，亦曾經常召開會議討論有關合作事宜。

各種通訊和科學雜誌亦為科學家交換資訊的另一種途徑，並經常伴隨著種原的交換。然而遺憾的是科學雜誌的出版愈來愈慢而且費用愈來愈昂貴。

4.4 綜合系統化評估計畫的實例

4.4.1 執行組織架構

以國際稻米研究所大型遺傳質評估與利用計畫(GEU)的評估活動為例，摘要介紹針對單一作物(稻)進行多學科合作的評估。國際稻米研究所開始從事遺傳評估的研究可追溯到 1962 年，當時水稻抗病蟲和米粒品質之鑑定是推動評估工作的主因(Juliano,1972;Chang et al., 1975a)。在十年間，抗病、蟲的鑑定獲得成果，促使許多國家的水稻研究計畫開始進行本國地方品種的評估(Pal, 1972; Zaman et al., 1972)。1974 年，國際稻米研究所遺傳質評估利用計畫開始，朝著擴大系統化以及合作方式發展，同時將研究範圍擴展到不利於水稻增產的地區，這些地區存有影響水稻生產的限制因素(Brady,1975)，此類不利因素影響了熱帶地區大約 3/4 的水稻生產者。

依所評估和研究問題的範圍組成以下八個工作隊：(1)有關米穀產量的農藝和生理特性：植物生理學家和農藝學家；(2)抗病性：植物病理學家，昆蟲學家和生物化學家；(3)抗蟲：昆蟲學家和生物化學家；(4)抗旱性：植物生理學家、農藝學家、生物化學家、生態(ecology)學家、灌溉工程師；(5)對溫度之耐性：植物生理學家；(6)對深水和淹沒的耐性：植物生理學家和農藝學家；(7)米粒品質和營養:穀物化學家、農藝學家和生物化學家；(8)土壤有害因素：土壤化學家、植物生理學家和農藝學家。

除從事上述有關問題領域的專業科學家以外，種原保育者、生物統計學家、遺傳學家和育種家亦針對各自所從事的專業領域均有參予，而有關育種程序上的操作由育種家主持，執行小組則負責協調各學科之間的合作活動，因此經常召開會議和進行實地觀察。

經證實後有用的評估材料即在年報及簡訊刊載並即予利用(雜交)。

4.4.2 評估工作的規模

1976-1983 年間，不同工作組每年大約可篩選 30,000-50,000 份材料。向種原中心要求索取種子以進行個別試驗的數目，於 1975-1983 年間每年約有 190-340 項測定試驗。

國際稻作種原中心每年提供新收穫種子，向遺傳質評估與利用計畫有關科學家提供報告單，並指出若干預報的特性，由該計畫內各工作組隊安排相應的試驗加速實施。這些特殊性狀報告包括對高、低溫度、乾旱、深水、鹽份以及其它不利土壤因素下的品種反應。

1975 年，遺傳質評估與利用計畫的國際範圍擴大，設立了「國際水稻檢定計畫」(International Rice Testing Program-IRTP；近年來改稱 INGER)，包括了分布在 75 個國家之良好與惡劣環境下分組的國際水稻試驗圃(IRRI,1980a)。

有些特性的鑑定，如：抗蟲、耐鹽生物化學特性和抗旱生理基礎等，需要精密複雜的試驗方法和設備，因此國際稻米研究所的研究人員與已開發國家的科學家進行合作研究。有關遺傳質評估與利用計畫評估實施程序，以抗旱育種為例加以說明，詳見圖 4.1。

某些其他國際農業研究中心亦針對有研究需要的基礎問題，與有關已開發國家的高級研究所合作進行研究(Henshaw and Roca, 1976; International Potato Center, 1983; Mujeeb-Kazi and Jewell, 1984)。

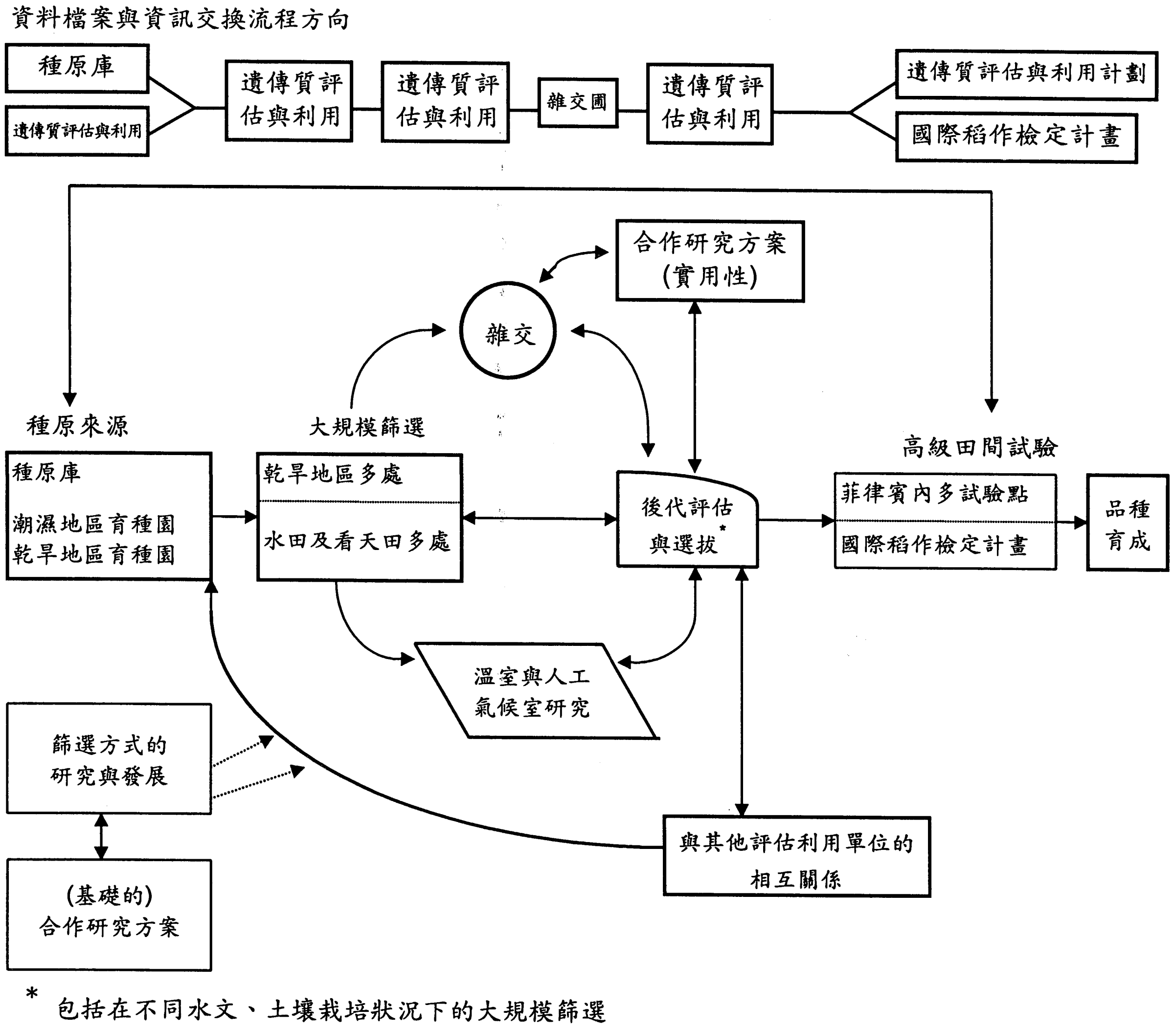


圖 4.1 國際稻米研究所「遺傳質評估與利用計畫」抗旱鑑定相關試驗活動流程圖

4.4.3 優良種原的農藝特性和抗(耐)源

中國原產半矮稈水稻(低腳烏尖，矮腳仔等)，為國際稻米研究所自收集樣品中所鑑定出最具價值的改良株型，由來自台灣的材料培育出了國際稻 8 號(IR 8)(詳見 Chandler, 1968)以及許多其它高產的半矮稈高產水稻品種(Chang and Li, 1980)。

育種的第二階段包括抗病、蟲和米粒品質育種，此階段具有貢獻的親本有：印度的 TKM6、Mudgo、PTB18、PTB20、Panchari 203、W22；菲律賓的 Tadukan；泰國的 Gam pai 15。而來自印度北部的水稻近緣野生種(*O. nivara*)，是草叢矮縮病毒(grassy stunt virus)的有效抗源；來自日本、東南亞和西非的旱地品種則具有深而粗大的發達根系。

耐鹽品種最早係於斯里蘭卡和印度地方種中發現；耐濕地土壤鐵害的品種來自於斯里蘭卡和越南；抗乾性土鑲鋁害的抗源來自巴西、西非和菲律賓高山品種中；而來自孟加拉和印度的品種則被發現在突發的洪水中有耐深水和淹沒的特性。此外，起源於中國、印尼、尼泊爾及某些高原的品種具有耐夜間低溫之特性。

4.4.4 對其他國家水稻種原評估工作的影響

大約在 20 世紀中期，日本、美國開始了水稻地方品種和引進材料的評估工作。二次世界大戰後，亞洲熱帶地區和拉丁美洲水稻主要栽培國家也相繼開始實施水稻種原的評估計畫。當時，大部分評估工作係由水稻育種者或少數有關學科的協助下進行，評估範圍亦限於幾個界定的主要育種目標，評估結果詳見 Chang 等(1982a)之文。

當國際稻米研究所之評估工作成功地得到很大效益後，亞洲熱帶地區一些國家的水稻改良計畫也開始實施廣泛及合作協調的種原評估工作。1966 年，全印度水稻合作改良計畫(AICRIP)開始實施。近年來，孟加拉、南韓、印尼、泰國和中國大陸，仿效國際稻米研究所遺傳質評估與利用計畫，相繼設立了國家級之評估課題。

4.4.5 由「遺傳質評估利用計畫」中得到的啟示

極其豐富的稻作種原以及廣泛的多門學科評估計畫，不僅為稻作改良和研究者提供了資源豐富的基因團，同時還擴大了對稻作研究的範圍。關於研究的情況詳見本書第六章「作物歷史與遺傳質保育：稻一專案研究」。

由評估工作總結出來的以下問題，對於進一步的收集和評估工作，具有重要的意義。

1. 生態環境對品種適應性的影響：水稻栽培地區的生態條件，對地方種類型的形成影響極大。一些抗病蟲或耐某種化學因素為害的品種類型，就是在特殊的生態小環境(ecological niches)下產生。例如：原產於南印度和斯里蘭卡大多數的地方品種能抗褐飛蝨(brown planthopper)，那裏的氣候潮濕炎熱，一年多作，許多世紀以來皆從未施用過殺蟲劑。一種癭蚊(gall midge)和白背飛蝨(white-backed planthopper)的抗源，是在此種蟲害長期流行區的地方種內選出的。相關情況 Leppik 曾於 1970 年提出過。

   上述關係，對說明水稻耐深水的適應性，以及抗旱、耐鋁害、耐鹽等特性的形成是相似的。高海拔或高緯度，在水稻品種耐夜間低溫特性的演化過程中，並不是唯一的影響因素，旱田(高山)環境同樣能提供這樣的條件，例如極耐冷品種

「Silewah」，原產於印尼北蘇門答臘(北緯 3° 05')高原稻區，海拔大約 1300 公尺。若有不同地理分佈區及水稻栽培環境的詳細記錄，對於種原搜集者和利用者的工作將十分價值。

2.族群內變異性：由對褐飛蝨和草叢矮縮病毒「生理小種 1」(biotype 1)抗源的最初鑑定中，有關地方品種或野生族群內固有遺傳性的變異性已被充分地證明。印度品種 Mudgo 中 80%的幼苗可抗飛蝨，而其餘 20%則易受蟲害。自印度北部所搜集到可抗草狀矮化毒素病的主要抗源，*O. nivara* 在約有 30 粒種子的一項試驗樣品中，只有 3 株苗是抗病的。對於這類材料，若於種子繁殖和鑑定過程中，以主觀態度嚴格地進行去雜純化，將可能沒有機會發現這兩個抗源，此抗源在水稻生產上曾創造數千萬美元以上的巨大經濟效益。因此，種原保育家在進行種子純化時必須十分慎重。

3.生態品系(eco-strains)：水稻具有非常明顯的遺傳可塑性(genetic plasticity)，以致於當一個品種引到異地栽培不久後即可增強或表現對新的生態體系(new ecosystem)中某些不利環境因素的適應性。在具有深而粗大根系的非洲旱地品種中，時常發現表現極其優異的材料，據了解它們只是在兩個世紀多以前由亞洲熱帶地區引到西非的。這個發現說明了應保存那些名稱相同、形態相似的生態品系的重要性。

4.同適應基因複合體(co-adapted gene-complexes)：抗倒伏、旱(陸)稻品種和耐深水漂浮稻(floating rices)是說明同適應基因複合體存在的二個相對例子。在旱稻品種複合體內即包含有少數深而粗大的根、低分蘗數、高植株、枝片肥厚而微垂、穗長而挺拔、生育期穩定以及粒大等特性，這些旱地品種對土壤缺鋅和長期積水表現敏感。而在深水漂浮的稻種則在苗期耐旱，成熟期前當水深迅速升高時，節間會迅速延長且上部節間會長出分蘗及不定根，均是適應特殊環境的特徵。

5.意外發現：漂浮稻品種 HBJ-DW8 是一個高抗 tungro virus 的抗源，據了解這種病在深水地區並不流行且不嚴重。印度品種 TKM-6 對褐飛蝨生理小種 1 表現感染，但是以它為親本的許多雜交後代卻是抵抗型的，後來發現該品種攜帶一個抑制抗蟲性的基因，因此必須對親本及其雜交後代進行系統性評估以便從中分離出理想的基因型。

6.組成分析：採用組成分析法可針對各個組成一個複雜性狀的成分進行逐個分析研究的方法，對於複雜特性性狀的研究曾經獲得許多有益的結果。例如：對抗褐飛蝨的抗性研究經過特定的試驗設計後，將抗性區分為喜好、耐性和抗分泌物以進行逐個分析研究；把對媒介昆蟲的抗性與對病毒的抗性加以區別後，對於病毒抗性的機制就清楚得多了；對抗旱性的研究則將植物體對乾旱的不同反應區分為逃旱、避旱、耐旱和恢復四種不同情況；對作物生育期可採取分階段研究的方法，分為基本營養生長階段、光

週期敏感階段和臨界光週期等不同階段，有進一步了解(Chang 等，1982)。

7.環境條件的控制：在不同的土壤溫度條件下，品種對甘藍黃葉病原(cabbage yellow pathogen)的反應是說明抗病育種中基因型與環境交感的一個典型例子(Walker, 1954)。雖然這種不尋常的事例在水稻上尚未有經歷，但國際稻米研究所遺傳質評估與利用計畫的科學家們，已經注意到日長時間和環境溫度對不同地理來源水稻品種生長、發育的複雜影響，目前正利用人工氣候室控制環境條件，進行精密的研究。

詳細資料見：(1)總論：Chang, 1971, 1976e, Chang and Li(1980, 1991), Chang et al. (1982a),Chang and Seshu (1990)，Loresto and Jadcson (1996)；(2)對氣候反應：Chang et al. (1969), Chang and Vergara (1972), Chang and Oka (1976), Vergara (1976), Vergara and Chang (1976)；(3)抗病、蟲性：Ou (1972), Ling (1972), Chang et al. (1975a), Pathak (1977), Khush (1977b), Loresto and Jadcson (1996)；(4)抗旱性：O'Toole and Chang (1979), O'Toole (1982), Chang et al. (1982b)；(5)對耐有害土壤因素：Ponnamperuma (1977b, 1982)；(6)國際稻米研究所年報；(7)國際稻作檢定計劃之報告(Chang et al. (1988)。

在種原資源豐富的地區，由於高度的環境逆境(extreme environmental stresses)，會導致各種耐逆境生態型(stress-tolerant ecotypes)的分化，或產生明顯的族群間及群體內的變異，因此評估的結果可供協助進行再度田間收集的參考。

4.5 其他大規模評估計畫

1930 年代時美國首先合作展開系統化評估工作。美國農業部與小麥產區各州的農業試驗場制定了合作研究計畫，在全國設置小麥統一銹病圃，第二次大戰以後又設置了其它穀類作物--大麥、燕麥的統一病圃。

後來，全國統一病圃的發展來自洛克菲勒基金計畫下的墨西哥國際小麥銹病圃，在此基礎上進而成立了國際玉米與小麥改良中心(CIMMYT)。1960 年，該中心開始一系列國際小麥產量圃的試驗。國際稻作檢定圃在 1975 年建立。國際半乾旱熱帶作物研究所(ICRISAT)負責協調展開了高粱、穀類國際產量圃的鑑定試驗。

1980 年代後期有多個國際農業中心(IARCs)亦學 IRRI 展開 GEU 方式工作以增進改良工作效用；但在 IRRI 本身因經費緊縮，行政易手，研究政策轉變(著重高科技研究及發表文章為重)下，有效的評估工作幾乎停頓下來，只有育種後代品系的評估，至為可嘆可惜。

4.6 不平凡種原的評估

不平凡種原(exotic germplasm)包括野生親屬、原始性品種、外來或不明品種及特殊環境下適應的種原，此類種原被保育的數量不多，亦往往因收集後被漠視而流失，然而它們往往具有特殊的抗性或耐性，值得評鑑與利用，在今日大家使用遺傳背景相似的改良品種或品系之際，不平凡種原是有遠見的工作人員追求潛效的目標。

這種種原在評估上產生額外的需求與問題，第一是種子的供應因產量極低而不易取得，往往需要特殊的繁殖與收穫方法。如野生稻的幼苗培育，先需要去除強力的種子休眠性，幼苗生長緩慢並需遮蔭，不宜直接栽植本田，用盆栽較好，可防止地下莖的蔓延混雜，仍應注意病蟲防治(如美、日稻種在菲國極易吸引浮塵子，染上病毒)，每一群體均有歧異性，需要栽植多盆來代表，佔地並費財力，抽穗前需要套袋，以防雜交及早期脫粒，亦有自花授粉不孕者，需將不同植株混合套網，使穗間有雜交，並且分別收穫、記錄與保存。在評估過程中亦需注意一群體內的歧異性，反應往往不一致，有的野生種不耐全日照，需要遮蔭；或需短日照處理；或因生育期不當，測試環境控制不符需要而無反應。在記錄時甚多不平凡種原的來源不明，或鑑定種名或科學名稱不易(甚多是天然雜交後代)，亦增加評估過程的困擾。

必須注意的是野生稻種不能讓種子或地下莖流入農間，否則會變成非常難以控制的雜草(noxious weeds)，並且長期損害稻田。其他的技術問題可參閱 Chang(1985)及 Chang 和 Seshu(1990).

4.7 有效性狀的時間效應

值得提出的經驗：凡是由一個或二個有高效基因控制的抗病或抗蟲性，雖是易於導入優良品種背景內，並且初期非常見效，但經大規模並連續栽培後，害蟲或病原亦會由原有的歧異性產生能克服這些基因的抵制作用，短期內產生為害的後代，使抗病、抗蟲性失效，即使育種家以其他基因替代，這種循環的抗與不抗的轉換甚為普遍；例子：稻熱病，抗 grassy stunt 毒素病一號小種，多個褐飛蝨小種與抗浮塵子小種(詳見 Chang, 1993b, 1994c)。因此近年來植物學家轉移注意力在能耐久(durable resistance)的抗病性，這種性狀可能反應較弱，有多個基因控制，但真相尚有待研究闡明。

4.8 資訊彙整

4.8.1 資訊彙整系統的重要性

資訊彙整是種原保育的重要組成部分，又是各方面聯絡的樞紐；有關所保存材料的完整資訊彙整與資訊交換將有助於種原的交換、評估和利用，同時亦將間接有助於珍貴種原的備份保存。

遺憾的是，有關作物種原的評估資訊十分支離破碎而無法被有興趣的研究者利用，這是國家種原體制的研究瓶頸。最嚴重的問題是作物科學家對那些農藝性狀表現較差但具有潛在用途的不平凡材料，由於不了解其價值而欠缺興趣或忽視。

由於種原資訊可貫穿於種原保育與利用各方面，因此須要建立一個資訊彙整綜合工作體系，以便為保存、利用者進行全面地服務。關於資訊彙整體制對遺傳資源中心之功能詳見 Rogers et al.(1975), Bird(1994)。

4.8.2 資訊彙整體制的組成

資訊彙整體制應當包括：(1)資訊材料內容－包括種原收集、繁殖評估結果、庫存，分贈和利用等的資料；(2)資訊或資訊的格式的標準化－即特性性狀及特性分類(絕對數或分級)；(3)處理種原貯藏、資料或資訊的取用、統計分析和種原收集的電腦程式。有關國際稻米研究所資料系統的演變情況詳見 Chang (1984d)之文，我國種原中心的系統可見「國家作物種原資訊系統」(范等, 1995)。

4.8.3 資訊檔案

作物種原收集的完整資訊至少應包括：材料編號、學名、名稱、其它名稱、來源國、種子來源、育成歷史；如果是現場收集，還應有採集地點、此地點之生態資訊以及特殊用途。上述這些基本資訊通常稱為「護照資訊」(passport data)。

收集後的評估資訊包括：(1)農藝特性資料；(2)評估資訊－對生物、氣候、水分、土壤等環境條件作用因素的反應；品質與加工特性；(3)人文植物學(ethnobotanical)資料和書目文獻資料；(4)有關種子貯存、更新、活力和種原交換的資訊。國際稻米研究所依每種作物的不同類別（亞洲稻種、非洲稻種、野生稻種）分別建檔，包括基本（農藝形態）資訊檔案，遺傳質評估與利用資訊檔案（病蟲反應等）和種子檔案（貯藏、種原交換、更新等）。

對正用於育種的材料，應建立其利用種原育種改進的相關資訊。這方面需由有關的

育種中心每年或定期提供有效雜交的記錄資訊，但私人育種事業單位可能不願意提供上述資訊，除非此品種已被正式登記命名。國際稻米研究所的一個具國際範圍的遺傳監測網(genetic monitoring network)已被初步建立起來，其資訊檔案包括國際稻米研究所每年做的雜交組合，以及國際圃資訊彙整與定期分析總結報告。由國際稻米研究所「國際水稻檢定計劃」(IPTP，近年來改名為 INGER)提供上述服務。

4.8.4 特性性狀說明(書)和記錄標準

作物研究記錄的標準化以及有關農藝形態特徵與穀類作物生長階段的相關資訊記錄開始於 1940 年代(Feekes,1941)，而於 1960 年代廣泛被採用(Large, 1954; Chang and Bardenas, 1964; Hanway, 1966; Hanway and Thompson, 1967; Konzak and Dietz, 1969; McNeal et al., 1971; Zadoks et al., 1974; Seidewitz, 1974)。有關以十進位編碼的性狀記錄方法，已廣為參加國際稻作檢定圃的科學家所利用(IRRI, 1970, 1976b)。

使用標準化編碼並直接由電腦列印的第一本品種目錄為水稻品種目錄(IRRI, 1970)列八千多品種。由於印刷目錄是一項費力費時的工作，而且由於新材料和評估資訊的不斷增加使目錄必須很快地更新，因此國際稻米研究所已不再印刷品種目錄，而是藉由電腦系統為水稻研究者提供檢索服務。但規模不大的作物及場所仍可利用刊印的目錄傳播資訊。

國際植物遺傳資源委員會(IBPGR)自成立以來已協助支持各作物委員會編輯出版了許多作物的特性性狀說明書。但是，這些說明書不適用於栽培品種以外的野生種。

4.8.5 電腦化檔案之建立與應用

只要生物科學家能夠與電腦程式設計師就科學上所需的資訊檔案建立良好的溝通，發展簡單、高效率的電腦程式以滿足科技工作者不同的需求，將不會有任何障礙(Gomez et al., 1977)。國際稻米研究所已公布了水稻種原資料檢索系統(Gomez et al., 1979)，有關 IRRI 資訊檢索需求表格的例子如圖 4.2，而檢索所得資料的之總結如表 4.1。

在個人電腦發達的今天，許多測量、記數、改換與計錄步驟都可直接輸入電腦，加以統計。種子與果實的外型亦可掃瞄，進入電腦檔案，種原工作人員應儘量利用電腦的長處，但最後仍需視察求證其準確性。

Department of Statistics, IRRI

Germplasm Bank Information Retrieval Request Form

Form GB 1

Operator	
< less than	> greater than
= equal to	≠ not equal
≦ less than or equal to	
≧ greater than or equal to	

Researcher ______________ Department ___________
Date Submitted _______ Date Needed ___________
Purpose of retrieval ____

Character	Criterion Operator	Criterion Value	Output
1. ACCNO			X
2. VARNM			X
3. DESIG			
4. SS			X
5. ORI			X
6. VG			
7. SDHT			
8. LLT			
9. LWD			
10. BLPB			
11. BLCO			
12. LSCO			
13. LA			
14. LFA			
15. LIGLT			
16. LIGCO			
17. LIGSH			
18. CCO			
19. AUCC			
20. HDG			
21. CULT	≦	100	X
22. CUNO			
23. CUAN			
24. CUDI			
25. INCO			
26. CUST			
27. PLT			
28. PTY			
29. BR			
30. PEX			

Character	Criterion Operator	Criterion Value	Output
31. PA			
32. PSH			
33. PTH			
34. AWPR	≦	1	X
35. AWCO			
36. APCO			
37. STCO			
38. LPCO			
39. LPP			
40. SLCO			
41. SLLT			
42. SPKE			
43. 100			
44. GRLT	>	7.5	X
45. GRWD	<	3.5	X
46. SCCO			
47. ENDO			
48. SNT			
49. SEN			
50. MAT	>119 & <	136	X
51. *BB	≦	3	X
52. *BL			
53. *SHB			
54. RTV			
55. GSV			
56. RBS			
57. *BPH1	≦	3	X
58. *BPH2			
59. *BPH3			
60. *GLH	≦	3	X

Character	Criterion Operator	Criterion Value	Output
61. SBCD			
62. SBSW			
63. SBYD			
64. SBYW			
65. RWM			
66. *WBPH			
67. *ZLH			
68. RLF			
69. PRTD			
70. PRTW			
71. AMY			
72. GEL			
73. DRT1			
74. DRT2			
75. DRT3			
76. DRT4			
77. DRT5			
78. DRT6			
79. *DRT7			
80. *DRT8			
81. *DRT9			
82. ALK			
83. SAL			
84. ZNC1			
85. ZNC2			
86. FLN			
87. FLCO			
88. CT			

圖4.2　IRRI之資訊檢索需求表格範例於種原庫基本資料檔內輸入50個欲檢索的特徵，並於抗病蟲等特性資料檔內輸入38個特徵，各特徵或性狀之縮寫及代碼值於此表之背面另有說明，而此表係由申請資料者填入。表4.1為檢索出之資料結果。

表 4.1 電子計算機種原性狀檔案詳表(表內數據由種原中心和遺傳質評估利用計畫提供)

1. 要求具備的性狀：

莖長≦110 厘米；粒長>7.5 毫米；粒寬<3.5 毫米；芒≦1；成熟期>119 且<136 天；白葉枯病≦3；褐飛蝨小種 1≦3；黑尾浮塵子≦3

材料編號	品種名稱	種子來源	原產地	莖長	粒長	粒寬	芒有/無	成熟期	白葉枯病	褐飛蝨小種 1	黑尾浮塵子
08511	DJ9	113-1	113	98	8.5	3.2	0	120	2	1	3
08816	DV29	113-1	113	98	8.5	3.2	0	130	2	3	1

2. 檢索結果：

檢索結果總結：		
符合要求的材料數	=	2
資料庫中的材料數	=	40757
最近的材料編號	=	40768

國際稻米研究所利用以下方法將水稻種原重複試驗的篩選結果更新:(1)建立附屬檔案歸入新增加的性狀資料；(2)增加對病蟲害的極度感染反應值；(3)增加全部試驗的平均值和試驗次數(K.A. Gomez, personal communication)。

關於植物抗病蟲檢定資料的數據處理詳見Loegering(1986)之文；Fribourg(1968)亦已針對飼料作物數據處理進行討論；大麥品種資料檢索系統已由Thompson與Baum(1978)設計出來；Blixt(1984)則描述了瑞典的「Weibullsholm植物育種研究所」和「北歐基因庫」的資料管理系統。

日本和美國的農部亦分別成立了國家級的種原資訊網路(Suzuki and Kumagai, 1981; Anon., 1984b; Bird, 1994)。

4.8.6 國家間和研究機構間的合作

各國家與各研究機構(場所)之間需在業務工作的各個層次方面建立合作關係，如：(1)制定品種性狀說明書；(2)使用標準的記錄代碼；(3)將有關試驗資料鍵入國際或國家資料(訊)庫以便研究和交換。

國際稻米研究所負責國際稻作資訊中心的工作，該所出版的「國際稻米研究簡訊」(IRRN，近改名為International Rice Research Notes)為稻作研究者快速傳播和分享研究結果的溝通管道。此類合作事業的發展，使得國際稻米研究所國際稻作種原中心保存的種原資源得以不斷地擴大利用(Chang, 1983b)。

4.9 尾語

無論是那一種(或品種)似有經濟潛值的植物都少不了評估：從採集者開始，繼是保育人員，研究或評測人員及育種家都會以不同的眼光，嚐試及正規的評估都是必經途徑，評估之重要遠勝一般的想像(圖 4.3)。對保育人員而言，初步評估是必須工作，大規模及深入的評估雖不在保育人員一般領域，但應認為自己是一個重要的夥伴，參予投

入，因沒有他人更能了解種原的全貌：來源、原產地生態環境、人文歷史及已被利用過程等等，若將此種不常有書傳的智識充份供給評估團隊人員，則在研究或利用上成效的機會大增，保育人員亦可分享效績，不僅是一個默默無聲的種子(苗)供應者，這種機會要保育人員自已去爭取，因種子(苗)來自種原專家，他(她)的「資本」至大，幸勿只是被動，錯過時機。

回顧近二十多年作物育種成果，不平凡種原的利用與否及育種上改進程度有正相關，如前已提及：水稻、小麥、馬鈴薯、番茄等數種均是好的例子，其中評估的範圍及深度尤以水稻為首，因此研究與生技亦得以驟增，但 1970-80 年的努力剛被其他作物及國際農業中心採取時，因經費問題及生物技術的風行，大為凋萎，結果是育種家亦缺少可以再上一層的材料，這不是數以百計的小文章所能彌補的。

1980 年代亦有澳洲熟知種原而不使用者，一再指出已保存的種原甚少為育種家利用，這種指責沒有惡意，只是願意動手(將土沾上手足)者比講空話的人為少，這亦是評估人員之苦衷，服務不易得高評，功勞給寫論文或鼓吹自己育成的品種人員佔去，其實評估及保育工作者亦均有發表論文的機會，只要一開始就計劃，當成一件科學工作看待，亦終能出人頭地，茲以此勉勵被這兩方低估的同仁，我們應了解在一作物改良過程中，不同專業像一鐵鍊的鍊子，一個都少不了，但要合力協助才能發生作用。

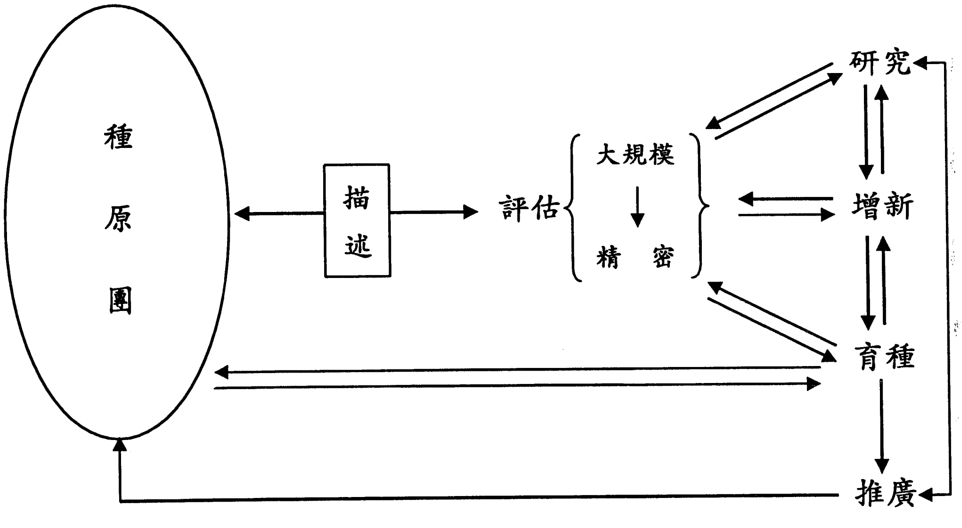


圖 4.3　評估工作在作物研究與改良工作中佔有的中樞位置

第 5 章、種原的增新及利用

摘要 對於保存種原之利用及從中獲致之利益是作物遺傳質保存工作唯一的評估標準。雖然以任務導向的植物引種計畫對作物保存已具有重大之影響，然而一些作物的地方種及野生近緣種的利用也具巨觀的成果。種原利用的程度及獲致的利益係因作物而不同，如小麥、水稻、番茄、甘蔗及菸草等作物之種原成果即較為顯著。本報告即評述某些作物在這方面獲得之出色進展。

不平凡的(外來)種原(包括地方種及野生近緣種)在植物育種家利用之前，必須進行如基因轉換及增新等系列步驟(即預先育種，prebreeding)以促進其在農藝上能接受之背景較為接近。本文描述加速由相關野生近緣種，轉移基因之雜交及細胞遺傳技術，並兼論近來遺傳工程提供之其他方法。

本文概述不平凡種原對作物生產之貢獻，並提及近年來以用途導向之保育計畫進展情形。對於主要作物遺傳歧異度之需求及種原交換之可能限制的明確認知，亦在文中評論。此外，本文亦討論經由遺傳質保存及作物改良以滿足未來糧食需求之展望。

索引述詞：不平凡種原(exotic germplasm)、基因團轉換(conversion)、預先育種(prebreeding)、種原增新(germplasm enhancement)、育種技術(breeding techniques)、細胞遺傳技術(cytogenetic techniques)、利用離體(試管內)及細胞培養途徑(*in vitro* and cellular approaches for plant breeding)、分子生物技術(molecular biology techniques)、主要糧食作物之產量增加(yield increases in major food crops)、種原保育之本益比(cost-benefit relationship of genetic conservation)、作物品種專利權法(Plant Varieties Rights Act)、國際農業研究中心的角色(role of the IARCs)、人口成長與糧食增加之對比(population growth vs. food increase)。

5.1 引言

評估一個以作物為主之種原保育計畫是否成功的最終標準，乃是所保存遺傳資源的利用及從中獲致的利益。根據這個標準，引進稍經改良的栽培種即可獲得很高的評分。許多作物以地方種基礎進行品種改良，亦給人們很深刻的印象，野生種提供的基因在很多作物中(例如：小麥、水稻、番茄、甘蔗及菸草等)品種改良有卓著成效。但對野生種的保存和考查方面的工作仍然是進行得最少的。儘管如此，在這三類種原中評

估及初始利用(增新)的程度幾乎和其利用程度成正比，並步而行。

大多數作物育種家利用那些已具備良好農藝性狀背景的育種材料，而此操作決定於經濟及時間上的需求。另一方面，將商業品種和一極為原始的地方種或野生種雜交，可能導入許多不良的基因而阻礙常規育種的進展。況且，不平凡種原因種子不足及缺乏評估資料等因素，亦使得在利用這些地方種或野生種時顯得較為困難。而在組合兩個遠緣種的特定性狀時，亦經常有取得理想組合(後一代)的困難。Hallauer 和 Miranda(1981)認為，所謂的不平凡種原是那些未經特定區域內進行適應性選拔即不具立即可用性之種原。

然而，並非所有的地方土種和野生種皆具有不可用之基因複合體，許多地方種對作物產量之增加(Frankel 和 Soule, 1981)及病蟲害抗性之提供(Harlan 和 Starks, 1980)具有出色貢獻，例如，產于土耳其、肯亞、澳大利亞小麥以及半矮性小麥大大地改進美國小麥的產量(Vogel 等, 1963; Reitz 和 Craddock, 1969; Burgess, 1971)；又如，燕麥屬(*Avena*)野生種亦因較佳之營養生長速率而提高燕麥的產量(Helsel and Frey,1983；Frey,1983a)。育種家為提高不平凡種原之利用性，通常需要打斷介於理想基因和不良等位基因(alleles)間的緊密連鎖。將地方種由其自然習生地遷移至一不同氣候型態、不同光週期和不同溫度的良好生產區域，常需要初步繁殖增加種子，並在與地方種自然適應地區相似地點進行選拔，或進行多次的分離選拔。對於野生種而言，其可能為栽培種之祖先，不論是以自然移入雜交之族群或是人為主導的回交的族群，加以使用，都可增加其在育種計畫中之可用性。這些在正規育種工作前採取的方法即為所謂的基因團轉換(conversion)、種原增新或預先育種。在所有的情況下，利用不平凡種原比利用已馴化(適應)的優良種原所需的時間為長(Knott 和 Dvorak, 1976; Brown, 1982; Frey, 1983a; Chang, 1984b)，這種種原亦往往來自經緯度相距甚大的生長地區內演變分化而得。

5.2 成功的植物引種

雖然，過去一世紀以來，以明確目標為導向之植物引種並未成為真正的遺傳質保存方式，然而外來引種對於每一以農業生產為主的國家之貢獻卻是不容低估的。外來種原的顯著貢獻對於那些位處北半球、自然作物種原缺乏的已開發國家，如美國而言，尤具意義，它的作物生產即得力於自國外引進之作物資源，再行栽培試驗、改良遺傳潛能及開發廣泛或新的用途。其糧食作物中，原生於北美的僅有向日葵(sunflower)、

小漿果類(small berries)和美洲胡桃(pecan)等數種而已(National Plant Genetic Resources Board，1979）。

許多開發中國家亦藉種植引進之糧食或工業用作物以擴充其農業基礎。最近著名的例子是：巴西和阿根廷現在種植大豆，而孟加拉共和國今日則栽培小麥。

引種對美國農業的影響之相關有趣記載，可參見美國農部(USDA)農業年報(1936, 1937)，Norman(1963)，Quisenberry 和 Reitz(1967)，Burgess (1971)，Creech 和 Reitz (1971)，以及美國農藝學會(American Society of Agronomy)刊印並針對個別作物發表的專題論文; Coffman(1961); Quisenberry 和 Reitz(1967); Hanson 和 Juska, 1969, Hanson(1972), Caldwell(1973); Sprague(1976)。美國作物學會(Crop Sci: Society of America)曾刊印兩本種原專集(CSSA, 1984, 1995)。

5.3 種原基因圍轉移計畫之實例

5.3.1 高粱

配合機械採收作業所需之高粱(蜀黍)為短稈的(1.5－1.7 公尺)，然而世界許多地區的傳統高粱(*Sorghum bicolor*)卻為高稈的。德克薩斯州農業試驗場(Texas Agricultural Experiment Station)和美國農部為了利用這兩種對氣候適應性不同的基因圍之種原，乃合作成立高粱基因團轉移(conversion)計畫(Stephens 等, 1967)，該計畫以高稈且晚熟有感光週期(late, photoperiodic)的熱帶高粱作為父本和美國高粱雜交，再和溫帶高粱回交，最後一次回交時則以熱帶品種作為母本。這些雜交和回交係在亞熱帶的波多黎各島冬季進行，而短稈和早熟之後裔選拔則於德克薩斯州長日環境下進行。經過四次回交置換已分辨和植株高度及成熟度之控制有關的八個基因(見 Quinby, 1975)，產生許多有用的品系，其中並已鑑定出包括抗病、抗蟲、提升及穩定產量、以及優良籽粒等特性之新材料。這些轉換基因團種原(converted germplasm)的歧異度比其親本還大，部份材料由於種子發芽時的基限溫度較低(lower base temperatures)，因而於熱帶地區可以維持高且穩定的產量。因此，高粱(*S. bicolor*)種原的轉換，不單拓展了其適應範圍，亦提供了對特殊地區適應性選擇的機會。

5.3.2 玉米

夏威夷玉米育種家利用當地北緯 14 度的熱帶環境條件，由熱帶品系中轉換對玉米嵌紋病毒(maize mosaic virus)、銹病(common rust)和穗螟蟲(earworm)之抗性。以

回交方式將長稈且晚熟之熱帶品系改良為早熟的基因團型，同時延長了玉米帶(corn belt)種原平均的成熟期一周。轉換基因團育種計畫內尚包括胚乳特性之轉換(Brewbaker, 1974)。

5.4 種原增新計畫之實例

5.4.1 小麥

由於對小麥種原祖先種演化遺傳的興趣遂興起許多針對小麥屬(*Triticum*)、野生小麥屬(*Aegilops*)、小麥草屬(*Agropyron*)和其他野生近緣種的細胞遺傳學的研究。此外因六倍體小麥的個別染色體容易由人工操作，亦促進其他的研究，其中一些研究並對預先育種及增新工作有所助益。

首先將 *Aegilops umbellulata* 和野生二粒小麥(*T. dicoccoides*)雜交，得到一複二倍體後裔，此複二倍體植株再和六倍體普通小麥(*T. aestivum*)雜交，產生雄不稔之雜交一代(F_1)，再將此雄不稔個體和普通小麥回交兩次，最後對其後裔進行抗銹病試驗，結果鑑定出一株帶有 21 對二價染色體(bivalents)及一額外的 *umbellulata* 等臂染色體的抗病植株。以經過輻射處理的該植株花粉授於普通「小麥品種」中國春麥”(*aestivum* cv. Chinese Spring)，含 *umbellulata* 等臂染色體花粉幾乎不起作用，最後並消失。而其餘的抗銹病後裔中，有 40 株植物發生染色體易位，帶有等臂染色體的一部份及一條小麥染色體的一部份，唯僅有含小麥 6B 染色體之中間易位(intercalary translocation)具有正常的花粉遺傳(pollen transmission) (Sears,1956)，此品系經命名為“Transfer”，並被育種家廣泛利用(Knott 和 Dvorak,1976)。

為加速種間基因轉殖，採用誘導近同源染色體的配對以及野生和栽培種間的雜交方法。存在四倍體和六倍體小麥中的 *Ph* 基因，僅允許減數分裂期近同源染色體之配對。此基因可被誘導突變為一不活化的狀態(*ph*)。經由一系列的染色體人工操作，即可獲得帶有 *ph* 基因單劑量外來染色體和一小麥染色體的小麥植株。故兩個非近同源染色體間的配對是可能達成的。染色體的交換(cross-over)可導致外來染色體上所要基因轉移至小麥染色體上。ph 突變體已促使野生小麥和小麥草屬基因的轉移(Sears,1976)。

另一方法是利用諸如 *Aegilops speltoides* 和 *A. comosa* B 基因組之 5B 染色體的 *Ph* 基因之阻遏作用(suppression)(Riley 和 Chapman,1958)。將 *T. aestivum* 和 *A. comosa* 雜交產生的複合二倍體和六倍體小麥回交，產生具有全部小麥染色體及一帶有

抗黃銹病(yellow rust)基因 Yr_8 之單一、簡單 *comosa* 染色體之植株。當這植株和 *A. spelltoides* 雜交，其抗銹病的後裔即帶有單劑量小麥和 *speltoides* 基因組以及含 *Yr* 基因之染色體。故 *Yr* 染色體和小麥染色體間之配對現今是可行的。經過進一步的和小麥雜交及自交，即得到一具有和小麥相同染色體但帶有一修改的染色體組的抗性品系(Compair)，此染色體組包含來自兩品種的片段及 Yr_8 等位基因(Riley 等,1968)。

其他獲得屬間及種間基因轉殖的極佳細胞遺傳方法，包括增加品系(addition lines)和取代品系(substitution lines)(Morris 和 Sears,1967)。利用取代方法，已成功地自小麥草屬品種獲得抗病基因(Knott, 1961, 1964; Sears, 1972, 1976, 1981; Knott 等,1977)。

加拿大及美國育種家亦利用野生種作為改良抗寒性、短稈和細胞質雄不稔性的材料(Knott 和 Dvorak,1976; Stalker,1980)。

國際玉米與小麥改良中心(CIMMYT)育種家們為了改良春小麥(spring bread wheats)，業經進行無數的廣泛雜交工作。親本材料包括春小麥、冬小麥、大麥、小麥草屬作物、野生小麥、黑麥(*Secale cereale*)、簇毛麥屬(*Haynaldia*)作物和濱麥屬(*Elymus*)作物。野生小麥作物具有抗銹病、大麥黃矮病毒和耐鹽之基因。濱麥屬作物表現耐旱、耐鹽、耐寒或耐熱之特性，以及對葉枯病菌屬(*Helminthosporium)*和麥類赤黴病菌屬(*Fusarium)*之類葉斑病的抗性。野生小麥亦具有抗葉斑病潛力。春小麥和冬小麥雜交可產生抗 *Septoria tritici* 之選系(CIMMYT,1983)。CIMMYT 工作人員成功地採用提前授粉或延後授粉或兩者並行，並調整胚培養的培養基以克服屬間雜交之障礙(Mujeeb-Kazi 和 Jewell,1985)。他們並善用位於墨西哥、巴西和巴基斯坦等地合作試驗站以展開在不同環境條件下的試驗和選拔，進行「穿梭育種」(shuttle breeding)(CIMMYT, 1979, 1984)，縮短育種時期，並擴展適應性。

5.4.2 稻作

由稻屬 22 個種的 16 個種(species)中已鑑定出 6 個染色體組。亞洲和非洲栽培種共同具有基本的 A 組，但是此兩栽培種和其直系野生種彼此間卻大不相同，表示其各屬於兩個亞層染色體組或次級染色體組。

截至目前為止，亞洲野生種經鑑定最有希望被利用的特性是抗病毒病(Chang 等, 1982a)。栽培種和一年生野生近緣種(*O. nivara*)間的雜交種通常是具稔性的，某一例子顯示，其稔性甚至超越一些品種間雜交種(Dolores 等, 1979)。

亞洲和非洲栽培稻種間的可雜交性，部份受雜交方向的影響。當光稃的非洲栽培

稻(*O. glaberrima*)做為母本時，較做為父本其雜交一代植株，具較高的存活率。國際稻米研究所（IRRI）曾嘗試將光稃非洲稻對黑尾浮塵子(green leafhopper)的抗性導入水稻(*O. sativa*)，但並未獲得預期的後代，近年來則利用其他野生種，如 *officinalis minuta* 等。

中國大陸育種人員曾進行水稻和高粱、竹子、蘆草、谷(gu)、玉米和小麥等作物間的雜交，雖然有獲得具稔性的後裔，然而其在作物改良上的可用性仍未經證實(Chang 等, 1982a)。唯有在海南島上取到「野敗」雄性不稔的細胞質不稔性有極大的貢獻，產生了雜交水稻(hybrid rice)在農間廣受採用與增產，功績至大。

5.4.3 玉米

數位育種人員已嘗試利用一年生大芻草(*Zea mexicana*)和 *Tripsacum* 來改良玉米的生產力。Reeves(1950)採取回交方法將大芻草基因轉移至玉米自交系 127C 中，結果由頂交所得的一些品系產量較 127C 多出 20%。其後，Reeves 和 Bockholt(1964)又由 Tx203 和雙倍體 *Tripsacum* 的回交中分離出具稔性的品系，此品系產量高於 Tx203 品系或雜交組合。Efron 和 Everett(1969)則利用墨西哥玉米和大芻草混合花粉授粉至適應紐約州的 12 個單交系或雙交系，育出 36 個合成品系(synthetics)。這些合成品系經選拔及任意交配四個世代，然後和四個測試親本系雜交，結果得到的族群中之五個最好的頂交種其秣草產量超過五個對照，然其籽粒產量則和對照相當。Harlan(1976b)另外發現，玉米和 *Tripsacum* 雜交種的回交品系當和玉米帶的自交系雜交時，具有顯著的營養性生長雜種優勢。

具有來自墨西哥或巴西的外來種原之雜交種，其產量皆較具玉米帶種原的雜交種為高(Griffing 和 Lindstrom, 1954)。

將西印群島小種(West Indies race)的種原導入玉米帶的種原，可增加後者的遺傳變異性及產量(Goodman, 1965; Brown, 1982)。Stuber(1978)並提供有關較廣泛的材料分析評估資訊。

比較包括玉米地帶和半外來族群(包含西印度群島小種)的兩套完全相互雜交種之籽粒產量，較好的外來族群似有希望用於溫帶玉米的改良(Eberhart, 1971)。

包含 Tuxapeno、Cuban Flint 和 Coastal Tropical Flint 外來種原的自交系，以及來自巴西、哥倫比亞和祕魯的其他小種或栽培品種，提供了對美國南部環境的適應性、優越的組合力，以及耐旱、耐病力(Nelson, 1972)。

Tripsacum 品種中已鑑定出對玉米根蟲(corn rootworm)、玉米蚜蟲(leaf aphids)

以及玉米煤紋病(northern leaf blight)的抗性。Hooker(Galinat, 1977)經過多年的育種，已將 *T. floridanum* 對玉米煤紋病的抗性轉移至硬粒玉米。

另外，亦已自四倍體 *T. dactyloides* 轉移出對炭疽病(anthracnose)、*Fusarium* stalk rot、玉米煤紋病、玉米葉斑病及 Stewart's bacterial blight 的抗性(R.R. Berquist, 參看 de Wet, 1979)。

Cuban flint 對玉米根蟲的抗性已轉移至美國中部玉米地帶的自交系。在利用遠緣種上，將少量外來種原引至適應的類型顯示有效。同樣地，得自近年發現的野生玉米草 *Z. diploperennis* 的基因，已提供對數種病毒的抗病性或耐病性，而沒有其他和野生種原有關的不良特性(Seifert, 1981,見 Brown, 1982)。

這些發現顯示，外來亞種的最有效利用方法為，將少量外來種原併入有適應性好的自交系(Brown, 1982)。然而，在美國的雜交玉米生產中，外來種原的利用和玉米產量的穩定性增加相比仍是不夠的。在過去 50 年間，美國幾乎完全利用適應良好的種原(Frey, 1971; Russell, 1974, 1984; Duvick, 1977），然而諸多玉米育種人員對利用外來亞種以擴增美國玉米種原遺傳基礎的需求仍持肯定態。(Hallauer, 1995; Duvick, 1996)。

國際玉米與小麥改良中心人員曾進行玉米和高粱的雜交，但是此種以有性方法獲得雜交種的努力並未成功。最近則企圖利用 *Tripsacum* 以獲得野生近緣種之較廣泛的適應性、耐排水不良、以及抗旱和抗病性。利用四倍體 *Tripsacum* 進行之該項研究已獲致一些進展。該中心和伊利諾大學的科學家，合作利用一年生 tripsacoid maize 植株轉殖 DNA 技術，以期轉移 *Tripsacum* 基因至玉米(Mujeeb-kazi 和 Jewell, 1984)。

5.4.4 馬鈴薯

包括由二倍體至六倍體的茄屬作物有 140 個以上的種，栽培種 *S. tuberosum* (2n=4x=48)則為四染體多倍體。經由雜交四倍體和二倍體極易獲得單倍體栽培種。由於栽培種和野生近緣種間染色體的差異極小，因此進行基因轉移非常容易，同時染色體組之操作容易。

美國威斯康辛州斯特金灣區馬鈴薯引種站(Inter-regional Potato Introduction Station)和威斯康辛大學的科學家們，採用兩種育種體系(schemes)。一為雜交得自四倍體和二倍體交配過程第一次分裂再組合時的單倍體(2n=2x=24)的 2n 配子體以產生單倍體雜交種(2n=24)，再將該雜交種的 2n 配子體和栽培種(2n=4x=48)雜交以產生四倍體雜交種。另一種方法是，先雜交(1)單倍體×野生種及(2)栽培種×單倍體，再雜交

得自兩個雙倍體雜種的 2n 配子，以產生四倍體。這兩個方法皆可使產量增加，並可轉移得自野生種原如 *S. demissum* 對病毒、晚疫病、線蟲和細菌性萎凋病的抗性 (Peloquin, 1981, 1984,1992)。

另一可行方法為，利用具備理想基因及足夠數量可雜交遺傳型的中間橋樑種 (bridging species)。在雜交栽培種和一含有價值基因的遠緣野生種之前，可進行預先育種以聚集許多有用基因於中間種。在某些雜交中，此種間接方式比利用 2n 配子體的方式更具優勢，因為未減數的配子體可能對進一步的雜交造成障礙(Hermsen, 1979)。

國際馬鈴薯中心(CIP)保育的茄屬野生種，具備對馬鈴薯捲葉病(potato leaf roll virus)的高度抗性種源。該中心試圖雜交兩個對馬鈴薯捲葉病具抗性的野生種，以產生另一具抗性的種間雜種。另外，有三個墨西哥野生種具有晚疫病的抗性。而從 *S. sparsipilum* 亦已轉移得到對線蟲 *Meloidogyne* 三個種及細菌性葉斑病 *Pseudomonas solanacearum* 生理小種 1 的抗性。*S. berthaultii* 防蚜蟲的腺上毛狀體已被轉移到對 Y 病毒免疫的四倍體類型中(CIP，1983)。

5.4.5 番茄

栽培種 *Lycopersicon esculentum* 的九個野生近緣種，包括它的野生類型(櫻桃番茄 var. *cerasiforme*)，在適應性、育種體系、變異類型和商業生產上的特性各不相同。這些野生近緣種和栽培種的可交配性(crossability)是不同的，但都可以雜交。番茄種原的收藏包羅廣泛，且保存良好並可供利用(Rick,1979)。

曾經在野生種的原產地發現番茄某些對抗惡劣環境因素的特性如：耐旱、耐田地泡水、抗鹽性以及不受病蟲感染，這些特性提供了種原利用的一些線索(Rick, 1973)。往後的評估和研究鑑定出 *L. pennellii* 和 *L. chilense* 的耐旱性，var. *cerasiforme* 的耐受長期浸水，*L. cheesmanii* 的高抗鹽性(可以高到海水的含鹽量)，*cerasiforme* 對根腐病的抗性，*L. hirsutum* 對害蟲及紅蜘蛛類，特別是 *f. glabratum* 的抗性(Rick, 1984)。在野生種中，已鑑定出許多對不同病害的抗性(見 Rick, 1982)。從回交分離出來的新型變異體也為作物改良提供了潛在的特性。

5.4.6 大豆

美國大豆的遺傳基礎非常狹窄。至 1960 年代早期，來自中國東北(滿洲)的六個品系(strains)形成了單純品種背景，佔總種植面積的 95%(Johnson 和 Bernard, 1963)。在含有外來品種材料的單雜交(two-way crosses)及三雜交(three-way crosses)的比較

下，由〔（適應的×外來的）×適應的〕產生的三雜交比單雜交有較高的產量平均值，遺傳變異程度亦較大(Thorne 和 Fehr, 1970)。其後，用 40 個引種材料(PIs)與 40 個美國品種及栽培品系相互雜交，而獲得一系列的種原群體。外來親本在五個群體(AP 10 到 AP 14)中所佔的比率從百分之百到零。群體 AP 10 到 AP 13，每個群體 200 個隨機品系中，種子產量的遺傳變異十分相近，大約是 AP 14 的遺傳變異的兩倍。AP 14 的產量最高，AP 10 的產量最低。種子產量對 PI(引種)種原百分率表現出直線迴歸相關，並與抗倒伏性呈正相關。從這些群體中得到的選拔品系也表現出同樣的趨勢。來自原始群體中高產量品系輪迴選拔的群體，亦表現出與其親本系相同的關係。顯然，短期產量改善不大可能由 PI 種原而達成(Vello 等, 1984)。在另一 PI×高產量品種(品系)的群體系列中，含有 50% PI 種原的 AP 3，產量尚稱差強人意，並且有高遺傳變異性(Schoener 和 Fehr, 1979)。

一些進行栽培種與野生種 *G. ussuriensis* 雜交的工作者發現在雜交中並無遺傳障礙。但後代具有籽粒小及野生親本匍伏生長的特性。曾在兩個研究中獲得了高蛋白質的後代。一般而言，種間雜交對大豆品種改良希望不大，除非是高蛋白含量及抗 stem canker 的野生性狀(見 Johnson 和 Bernard, 1963)。

近年來，美國的大豆研究人員組織了一個合作計畫，篩選國外引種材料(PIs)，並依不同的育種目標及遺傳研究進行雜交。在 PI 196172 中發現了控制大豆種子蛋白缺乏 Kunitz 胰蛋白酵素抑制劑隱性基因，如此便去除一個主要的抗營養因素(Orf 和 Hymowitz, 1979)。有三個國外引種材料(PI 171451, 227687, 229358)及其後代表現其出對許多害蟲的抗性，如：Mexican bean beetle，velvetbean caterpillar，及 southern green stinkbug。一個源自 Hill×PI 274454 的巴西品系- - IAC 74-1832，可抗 velvetbean caterpillar，southern green stinkbug 及 corn earworm(見 Proc. National Soybean Breeders Workshop, 1984)。

5.4.7 高粱(黍類)

不同育種學家對高粱種原的評價與利用，在 Doggett、House、Gebrekidan 及 Webster 等人於 ICRISAT 刊物中發表之『1980 年代的黍類』(*Sorghum in the Eighties, v. 1*)(ICRISAT, 1982)一文中已有所描述。轉移的主要特性包括：抗病蟲害、食用籽粒品質、高 lysine 含量、細胞質雄不稔性及高產潛能。印度及德州工作者已發現無融生殖 apomixis 性狀(Rao 及 Naryana, 1968)，提供了利用無融生殖作雜交種的可能。

5.6 利用不平凡地方種及野生種的成功實例

這裏列舉了一些成功地利用外來或不平凡種原的傑出事例，說明外來基因庫對作物改良和糧食生產的重大貢獻。

5.6.1 小麥

Hayes 等人(1920)利用硬粒和二元體小麥改良普通六元體小麥(*T. aestivum*)品種 Marquis 的抗銹病性。由 Marquis×Iumillo(硬粒品種)育成的 Marquillo 是一種抗銹病的紅色硬粒春小麥，之後又以(Marquis－Iumillo)×(Kanred×Marquis)培育出 Thatcher(見 Clark, 1936)。McFadden(1930)將 Yaroslav 二元體小麥(*T. dicoccum*)和 Marquis 雜交，以傳統的育種技術培育出抗稈銹病的春小麥 H-44 及 Hope(Clark, 1936)。J. R. Harlan 在 1948 年收集中的一個土耳其小麥(PI 178383)提供了對條銹病(stripe rust)、黑穗病(common bunt)和萎縮性黑穗病(dwarf bunt)的多重抗性，它亦具有抗白霉病(snow mold)和稈黑穗病(flag smut)以及優良的苗出土特性，在 1960 年代曾被華盛頓州、奧利岡州和蒙特拿州的小麥育種者大量的利用(Burgess, 1971)。

美國、英國及加拿大科學家的細胞學研究促使野生小麥(*Aegilops*)及小麥草屬(*Agropyron*)各種抗病性抗源的轉移(Riley 等, 1968; Sears, 1972, 1978; Knott 等, 1977)。

另一群從土耳其來的地方品種，一般稱為「土耳其小麥」，在 1920 年代不僅幫助建立了紅色硬粒冬麥區的小麥生產業(Quisenberry 和 Reitz, 1974)，而且成為日本矮性小麥「農林十號」(Norin 10) (Reitz 和 Salmon, 1968)及南韓半矮稈小麥(Dalrymple, 1980) 的親本。「農林十號」的矮性基因(Rht_1 和 Rht_2)也促成了世界上第一批 CIMMYT-墨西哥半矮稈小麥，並帶來小麥的「綠色革命」。這些半矮稈基因也促成了美國幾個州的小麥育種計畫，華盛頓州的小麥品種 Gaines 是這一系列育成品種中的第一個(Vogel 等, 1963)。

Brezhnev 概述了蘇聯用遠交(wide cross)進行小麥育種的方法(1978)。被廣泛種植的硬粒小麥 Kharkovskaya 46 是由三個小麥品種雜交而來，這三個小麥品種是：*T. durum*、*T. turgidum* 以及 *T. dicoccum*。*T. timopheevi* 和 *T. aephiopicum* 被廣泛用在硬粒麥育種上。*T. timopheevi* 也做為改良普通小麥抗病性的重要來源。

歐洲國家的改良小麥常帶有小麥/黑麥染色體 1B 及 1R 間的易位染色體(translocation)，而且在東歐小麥裏發現的這種易位機率比西歐小麥更高(Ralph Riley

和 C. N. Law，個人通信)。

5.6.2 水稻

1920 年代中國廣東省育種者用普通野生稻(*Oryza sativa* f. *spontanea*)雜交後育成逸仙 1 號(Yatsen-1)，這個品種具有耐低溫及酸性土壤的特性(Ting, 1933)。之後，又用它培育出抗蟲品種如 Bao-tan-ai 及 Bao-xuan 2(見 Chang 等, 1982a)。

帶有半矮稈基因 sd_1 品種 的擴大種植引發了水稻的「綠色革命」。這個基因係得自種植在台灣以及中國廣東省未經改良的矮稈品種。台中在來 1 號是在 1949～1956 年間，台灣從半矮稈低腳烏尖與菜園種雜交後代培育出來的第一個品種。在中國大陸，矮仔占(Ai-zai-zhan)和矮腳南特(Ai-jiao-nan-te)(一種自然突變體)是第一批半矮稈水稻的親本，自 1959 年開始命名推廣。台省的低腳烏尖(Dee-geo-woo-gen)也被用來育成 IR8(1966 年命名)，之後並發展 1R 系列的水稻(見 Chang 等, 1982a)。sd_1 基因是一容易變化基因座(locus)，因此導致幾個半矮稈水稻都帶有這種基因(Chang 和 Li, 1980)。帶有 sd_1 基因的改良品種在熱帶亞洲地區佔水稻種植面積的 50%以上，亦引入中國大陸的高產品種與雜交水稻。

從印度的 Uttar Pradesh 州所收集的 *O. nivara* 的一個品系是亞洲熱帶抗草狀矮化病毒(grassy stunt virus)的唯一抗源(Chang 等, 1975a)。這種異質結合性群體的後代減低了因這種破壞性病毒帶來的數百萬美元的損失。IRRI 培育的品種，從 IR28 開始，都帶有 *Gs* 基因(Khush, 1977a)。但 1980 年後病毒有變異小種產生，Gs 不再抗病，但該病的損害已不如前之大。

中國海南島一個可能屬於 *O. sativa* f. *spontanea* (*fatua*) 雜草的不稔植株(野敗)，為雜種水稻生產提供了細胞質雄不稔性的最有用來源(Chang, 1979a; Lin 和 Yuan, 1980)。1980 年以來，中國已種植雜種水稻 1,300 萬公頃。

許多南亞和東南亞的地方品種為水稻育種者提供了對乾旱及主要病蟲害的抗性、對不良土壤條件耐性、對深水及低溫的抗性。Chang 等人(1982a)概述了這些品種在國內及國際上水稻育種計畫的利用。

亞洲品種的一些生態型在非洲西部經過幾世紀的種植和選拔，已趨向深而粗根、耐鐵毒症並抗稻熱病。在巴西選育的亞洲水稻有高度的耐鋁毒性。現今亞洲國家和 IRRI 的育種者正利用這些資源進行育種(Chang 等, 1982b; Chang 和 Li, 1991)。

5.6.3 玉米

墨西哥白馬齒型玉米 Zapalote Chico 用來提供對穗螟的抗性。秘魯的 Ladyfinger 爆裂種玉米是玉米煤紋病的抗源(Burgess, 1971)。

國際玉米和小麥改良中心的玉米育種人員充分利用 4 個綜合種(Tuxapeno 及相近的加勒比海及美國的馬齒型、古巴硬粒型、海濱熱帶的硬粒型和哥倫比亞的 ETO 硬粒型 Q 來培育自由授粉品種及雜交種。這些材料廣泛用於熱帶低地(Wellhausen, 1978)。

國際玉米和小麥改良中心目前的主要工作是繼續進行半親緣選拔，以改良 29 個基因連鎖群。育種目標包括：早熟、對露菌病(downy mildew)、萎縮病(stunt)、streak、fall armyworm、玉米螟及穗螟的抗性。另一個育種項目是利用 *opaque*-2 基因進行高蛋白質育種(Paliwal 和 Sprague, 1981; Vasal 等, 1982; Mujeeb-Kazi 和 Jewell, 1984)。

Pioneer Hi-Bred International 種子公司和國際玉米和小麥改良中心的玉米育種人員就不平凡種的保存和利用進行合作收集與研究，在此計畫(LAMP)下有些種已經用於商業雜交種的生產(William L. Brown，個人通信)。

5.6.4 高粱(黍類)

西非奈及利亞 Kaura 地方種(*Sorghum bicolor*)的四個變種為許多美國黍類雜交種提供了黃胚乳(yellow endosperm)特性(Burgess, 1971)。

美國黍類以非洲引進的四個品種 Kafir、Milo、少量的 Hegari 及 Feterita 為基礎。生育期受 4 個獨立基因的控制，矮稈則由另外 4 個基因控制。透過對這些基因的遺傳操作，已經得到適合聯合收割機的早熟矮稈雜交高粱(Quinby, 1974, 1975)。株高和成熟期的遺傳控制相關知識，有助於將熱帶種原轉變為溫帶成熟期較早、植株較矮的基因型。

5.6.5 花生

數個落花生屬(*Arachis*)的野生種具有對花生銹病的免疫力。秘魯落花生(*A. hypogaea*)對銹病的抗性已經轉入改良品系中。將栽培花生和 *A. cardenasii* 雜交，已獲得抗葉斑病(Cercospora leaf spot)的品系(Wynne 和 Gregory, 1981)。*A. monticola* 可以任意和栽培花生雜交，並用來培育 Spancross(Hommons, 1970)。國際半乾旱熱帶地區作物研究所(ICRISAT)的育種者透過操作多倍性染色體組(ploidy level)及回交(backcrossing)的方法克服遠緣雜交的障礙，從二倍體野生種培育出有希望的品系

(Moss, 1984)。

5.6.6 燕麥

1920 年代和 1930 年代期間，為了促使燕麥(*Avena sativa*)獲得抗病性，將其和紅燕麥(*A. byzantina*)雜交，結果透過雜交引進遺傳歧異度，使產量比純系增加了 9～14% (Browning 等, 1964)。這種變化標示了過去 40 年來第一次的產量改良(Langer 等, 1978)。

下一個階段是 50 年代由野生種 *A. sterilis* 引入基因的滲透雜交。*A. sterilis* 是一種野生紅燕麥，據推測是兩種栽培種的祖先，且提供了抗葉銹病(crown rust)的 8 種基因，透過回交可把抗銹病基因轉入改良品種。很多回交後代都表現得異常的健壯，其中一個抗源中的等位系表現出比輪迴親本(recurrent parent)產量高很多的特性。其他的雜交中，BC_3～BC_5 的 11 個品系比商業品種的產量增加 20%以上，而且輪迴親本的優良農藝性狀未受影響。這個增加的產量起初是源於植物生長速率的增加(Takeda 和 Frey, 1976)。在鑑定試驗中，從 *sterilis* 培育出來的品系表現出葉片面積較大、葉片老化較慢的特性，因而形成較高的持續期。開花期前後較大的葉面積導致種子數量多、籽粒重(Helsel 和 Frey, 1983；Frey, 1983a)。還發現 *sterilis* 的細胞質有助於獲得較高的產量，其後代蛋白質和油分含量較高(Frey, 1983a)。這一個野生燕麥的種種驚人貢獻還是最近 30 年研究出來的成果(Frey, 1994)。

已經成功地透過易位(translocation)將四倍體野燕麥 *A. barbata* 對霉病(*Erysiphe graminis* f. sp. *avenae*)的抗性轉移到栽培燕麥裏(Thomas 和 Aung, 1978)。

5.6.7 甘蔗

在改良甘蔗栽培種(*Saccharum officinarum*)(2n=80)的工作始自 19 世紀末期。將枯萎病抗性引入優良甘蔗所用的第一個野生種是 *S. spotaneum*。夏威夷的栽培品種 49-5 包括甘蔗屬(*Saccharum*)5 個野生種的種原。目前大部份商業品種的譜系包含 3～5 個種的種原，染色體數目可能為 100～125。由於甘蔗是無性繁殖作物，因此非整倍體的染色體數並不影響產量。就引進野生種基因的意義而言，染色體數較多較為理想(見 Price, 1963; Stevenson, 1965)。

5.6.8 番茄

番茄是利用外來材料的珍貴基因以改良作物的最佳例證。野生番茄種中，醋栗番

茄(*Lycopersicon pimpinellifolium*)提供了對細菌性枯萎病(bacterial wilt)、細菌性潰瘍(bacterial canker)、(Fusarium wilt)、晚疫病(late blight)、葉斑病(Septoria leaf spot)、灰斑病(grey leaf spot)及(spotted wilt virus)等病害的抗性；*L. hirsutum* 是細菌性潰瘍病和葉斑病的抗源；櫻桃番茄(*L. esculentum* var. *cerasiforme*)提供了對葉斑病和萎凋病(verticillium wilt)的抗性；*L. peruvanium* 提供了對菸草嵌紋病毒病(tobacco mosaic virus)及根瘤線蟲(root-knot nematodes)的抗性；*L. peruvanium* var. *dentatum* 及 var. *humifusum* 具有對 curly top virus 的抗性。*L. peruvanium* 增加了栽培品種 Hi-C 和 Double-rich 的維生素 C 含量。*L. hirsutum* 有助於增加 β 胡蘿蔔素的含量(見 Rick, 1982)。

番茄是作物首先(1992)應用遺傳工程將在運銷期內果實不易軟化的基因轉移到商業品種的實例，但屬種子公司專利，基因來源不明。

5.6.9 牧草和豆類

由於育種歷史短和長期粗放利用的緣故，現代牧草品種和傳統草地的生態型間幾乎沒有什麼差異(Frankel, 1977; Chang 等, 1979)。van Dijk(1979)評述了廣泛的品種間雜交、種間雜交、單性生殖和種間雜交，以及屬間雜交。早在 1910 年進行的苜蓿屬(*Medicago*)的種間雜交，使苜蓿的產量增加 40%(Waldron, 1920)。一些西歐國家已經培育出一年生和多年生的黑麥草(*Lolium* spp.)的誘導四倍體。從同倍性的材料中培育出理想牧草的可能性似乎極其有限。複二倍體的潛力可能更大一些(Dewey, 1980)。

5.6.10 黑小麥

黑小麥(Trticale)是唯一由屬間雜交產生的第一個人造禾穀類的例子。1970 年代早期，Manitoba 大學和國際玉米和小麥研究中心的聯合小組合作發展了這方面的研究，並由很多工作者進行的六倍體小麥和黑麥的雜交為先導，第一個可育雜交種早在 1875 年就報導了(Zillinsky, 1974; Hulse 和 Spurgeon, 1974; Muntzing, 1979)。僅僅在 20 年裏，黑小麥的產量增加了一倍，目前的產量可以和有利環境條件下的最好小麥品種相媲美。在低溫、酸性或砂質土壤，以及病害嚴重的邊緣地區，黑小麥的產量超過小麥(Borlaug, 1983)。現在正繼續進行黑小麥品種的改良，尤其是產量、莖稈強度及成熟期的改良，但品質仍不及小麥。

5.6.11 草莓

栽培種草莓是在植物園內由 *Fragaria chiloensis* 和 *F. virginiana* 之間偶然自然雜交得到的一種作物(Jones, 1976)。

5.7 克服遠緣雜交障礙的技術

對大多數的作物而言，遠緣雜交中遇到的繁殖障礙大都和染色體倍數不同、染色體結構變化(或有異)、染色體丟失、細胞質構成要素不親和、雜交種衰亡、基因間不平衡以及種子休眠等因素有關。遠緣雜交成功與否取決於採用適當的細胞遺傳和生理途徑，以及有效的雜交方法，以克服不孕、異常分離和畸型重組。某些途徑在種間基因轉移時比品種間雜交時要求更為重要。最簡單而有效的技術是將 F_1 胚胎在培養基上培育成植株(稱為 embryo rescue)，再依循常用方法育種，可克服不易成功的雜交。

5.7.1 雜交和育種方法

具有相同染色體數的兩個親本間的直接雜交是克服繁殖過程中障礙的最簡單的方法。有時，正反交可以克服細胞質不親和的障礙(見 Harvey 等, 1972)。細胞質效應可能由不同的方式，包括產量在內，在植物特性上表現出來(Frey, 1983a)。

對於品種間或種間的雜交，可以採用三交或多種親本雜交的方法減少在單交中遇到的困難。在三交中可以用一個中間親本。在釋放基因團的總變異方面，F_2 和 F_3 後代之間相互雜交以雙交比單交更為有效(Hanson, 1959; Chang, 1976f; Kenworthy, 1980)。

用 F_1 雜種和適宜的栽培品種回交是從野生種轉移基因的常規方法。最近在燕麥中的經驗指出，必須用最有效的回交次數和交替使用輪迴親本的方法，才能從漸滲雜交(introgressive hybridization)中取得最佳的成績(Frey 等, 1984)。

輪迴選拔方法的變更可用在遠緣雜交裡，以打破緊密連鎖得到理想組合，進一步改良植物群體。Hull(1945)、Hanson(1959)和 Jensen(1970, 1978a) 曾討論過這方面的問題。

對常異交作物，如黍類、粟類、馬鈴薯、野生種原可以漸滲到現有的或新產生的隨機交配群體內(Frey 等, 1984)。Burton(1979), Frey(1983b,1994)和 Peloqain and Ortiz(1992)等討論了處理異質群體的方法。

5.7.2 細胞遺傳學技術

對於染色體組之間或屬間的基因轉移，已經發展了一些細胞遺傳和細胞技術，使我們更容易利用外來種原的有用基因。下面列出三種技術：

1.人工合成異源多倍體：

(1)直接利用：雙二倍體、部份雙二倍體和某些原生質體的體細胞融合。從多倍體的培養基內篩選出減數一倍的個體，將之仿效後則已純化，可減少育種世代。

(2)間接利用：遺傳橋接、染色體組另予組成、及染色體組抽出。

2.染色體操作：

(1)添加和取代。

(2)易位。

(3)重組體系。

3.細胞質操作：

(1)雄花粉不稔性。

(2)細胞質取代。

有關這些技術 Riley 和 Lewis(1966)、Sears(1975, 1976, 1981)、Sanchez-Monge 和 Gracia-Olmedo(1978)、Robbelen(1979)、Stalker(1980)和 Morris(1983)等人已針對這些技術進行過詳細討論。

5.7.3 離體(組織)培養和分子途徑－遺傳工程

遺傳工程係指透過遺傳操作(避開有性週期)，建立一個具有新的遺傳特性組合的個體的方法(Rieger 等, 1976)，這種方法包括：

1.細胞途徑：單倍體細胞和體細胞雜種在試管內(離體)培養與選擇。

2.分子途徑：透過原生質 DNA 的吸收和透過質體(plasmids)而進行的 DNA 重組，進行 DNA 的直接操作與組合。

有人已經用試管內培養的技術選擇出對鹽、鋁毒性、殺草劑、殺真菌劑和抗菌素等的耐性；這個技術還用於抗病性和氨基酸類似物的篩選。花藥或花粉培養加速了從 F_1 雜種得到同型接合體後代的過程。在胚胎培養的情況下，胚的培養是得到成活 F_1 植株的有效途徑。經鹽和病害毒素處理的細胞培養，在恰當的選擇下已經獲得有關的耐源(見 Ladd 和 Paule, 1983; Bajaj, 1991)。

在細胞和組織培養中，從細胞得到的體細胞變異體提供了另外的新變異來源(見 Meins, 1983)。從同質接合材料或種間雜交種的培養物再生成的植株裏，可以發現這

樣的體細胞株變異(soma-clonal variants)。當將體細胞株變異、細胞選拔和再生植株的早期迅速篩選的方法結合起來形成一個有效的程序時，對作物改良提供了另一個有用的途徑(Scowcroft 和 Larkin, 1982; IRRI, 1985; Bajaj, 1991)。

原生質體融合首先是在菸草屬(*Nicotiana*)的種中得到的(Carlson 等, 1972)。以外還獲得矮牽牛屬(*Petunia*)和爬山虎屬(*Parthenocissus*)細胞之間的融合，但在得到的細胞裏矮牽牛的染色體(除某些基因外)丟失了。這個途徑仍停留在試驗階段(Ladd 和 Paule, 1983)。菸草屬內的基因轉移，以及瑞典蕪菁雲苔(*Brassitalics napus*)×蘿蔔(*Raphanus sativus*)的細胞質雜交已証實初步的成功(見 Cocking, 1985)。

重組 DNA 技術促使我們能從多種不同來源得到特殊的基因附加或修飾。這個技術取決於分裂 DNA 將不同來源的 DNA 片段結合起來的能力。供體片段、載體，必須帶有恰當遺傳信息使 DNA 可以被引入受體細胞，而且如果它成為這個細胞基因型的一部份時，該 DNA 就能複製。這個過程包括分割、載體的鑑定、轉化和繁殖(見 Ladd 和 Paule, 1983)。

其他在近年來利用遺傳工程技術協助作物育種的方法可參閱 Plant Breeding In The 1990s(Stalker 與 Murphy, 1992)書內數章的討論。

這個技術對以下方面很有用：(1)比常規方法得到更大程度的基因轉移或改變，例如：對某種高效性殺草劑的耐抗性；(2)有助於培育成活的雜交種；(3)加強有關微生物的固氮能力，或加強植物與菌根菌間的共生作用；(4)透過抗體合成和重組 DNA 繁殖系控制病毒和類病毒；(5)轉移生物性抗病蟲性到栽培品種內，例如以細菌抗毛蟲類基因(*BT*)可轉入作物染色體內，來抗玉米螟或蔬菜上毛蟲；擴展植物改良的範圍及縮短時間，例如利用短生活週期的 *Arabidspsis* 作為媒介體。(6)在植物育種中採用遺傳工程時遇到的一些瓶頸包括：(1)從原生質體再生植株的困難；(2)缺乏單子葉遺傳轉化載體；(3)缺乏測定植物群體中特殊基因的有效 DNA 探針；(4)缺乏允許分離基因和緊密連鎖標記插入的詳細而精確的染色體輿圖。只有玉米和小麥有更多更詳細的資料。另一個更重要的問題是有關代謝過程中生物化學及中間產物的知識，以及有關基因調節、重複 DNA 序列資料的缺乏，此外還應擬妥當計畫、指導和監測育種程序並在不同環境條件下探討，經濟特性的表現等問題(見 Rachie 和 Lyman, 1981; Swaminathan, 1982; Phillips, 1983; IRRI, 1985)。分子和細胞生物學界的生化學家、遺傳學家、育種家和其它學科的工作者，必須共同努力為遺傳工程技術的應用舖路，然後有回饋(見 Peacock, 1996)。

對於利用細胞和分子操作的植物育種家而言，最後一步必須是相當簡單，並且保

証提供一個更好的或再改良的解決辦法，保証在農民田間顯著增產(Carlson, 1983)。雖然遺傳工程的實用，即使有足夠的資金和人力，也可能是十年、甚至是幾十年以後的事，但育種者應懷抱著極大的興趣與關注並積極參與這項正在發展的研究(Carlson, 1983)，與不可省略的艱長育種過程。將它作為常規育種的輔助工具，而不是代替常規育種(Sprague 等, 1980; Simmonds, 1983; Day, 1992)。同時亦須注意到將新遺傳質體引入農田的安全性。

總之，植物育種者的最終責任是培育能為種植者、加工者和消費者所接受的品種。常規植物育種至少在當前仍然是增加糧食需求的主要戰線，並需要給予不斷的資助(Sprague 等, 1980; Borlaug, 1983)。同時可以預料，對改良作物種原的不凡或遠緣種原需求會比以往更高，亦可預期與專利權有關的一些問題將對於立即採用某些有用的研究成果有不利的影響。

至 1995 年熱烈的研究與宣導，大半為試驗工作與準備步驟，到 1995-96 年才有可用的產物(transgenice cv.)進入市場(見 Peacock, 1996)，其間亦因測驗安全性等工作延誤時光，以後當有更速的進展，但亦不能全部解決各種難題或病菌/昆蟲產生變異的老問題；同時我們亦需考慮到生物技術的熱浪造成的惡性競爭，對其他農業研究與改良工作，尤其是種原保存，常造成不可挽救的打擊或損害。

5.8 作物種原保育及作物種原利用的總評

5.8.1 作物種原在作物改良中的利用評價

主要糧食作物的調查顯示：

1.植物引種的利用：很多植物育種者成功的使用植物引種材料，這些材料已被引入世界各國改良的種原中。在本地資源缺乏的已開發國家(如美國與日本)尤其如此。和費用相比，經濟回饋還是極為可觀的(Burgess, 1971)。

2.不平凡種原的利用：至於地方種和野生種的成功利用情況，依不同作物和不同國家而異。對於不平凡種原有用基因和細胞質的探索研究，已開發國家比開發中國家發展得更廣泛，部分原因是已開發國家的植物育種發展較早一些。不平凡種原利用最廣泛的作物包括番茄、甘蔗、菸草、小麥和水稻。

3.育種家對不平凡材料的興趣：在遺傳學家、細胞遺傳學家、植物病理學家、昆蟲學家和作物生理學家的幫助下，很多植物育種者利用不平凡材料的理想特性，利用的程度有很大差異，而且還取決於將這些有用特性引入理想農藝類型的容易程度。小

麥(Evans 和 Peacock, 1981)、番茄(Rick, 1984)、馬鈴薯(Peloquin, 1984)和水稻(Chang 等, 1982a)等作物方面的研究，表現了團隊合作的最佳例證。其他作物亦有同樣的情況。

Goodman(1993)指出美國育種人員在學校及開始工作初期常缺乏對種原的認識，不明其廣義，只靠現成與已改良的材料做育種材料確為一通病，因此少數農學院中近來增設種原課程，本書亦為首創的新學程教材。

4.利用不平凡種原的障礙：很多植物育種者不願意在不平凡植物上下太多功夫。當育種者還不完全知道外來種原的潛在價值的時候，或者育種程序面臨長期冒險的時候，育種者不願意利用不平凡植物的現象是很普遍的(Alexander, 1975; NPGRB, 1981; Brown, 1982; Frey, 1983a; Marshall, 1989)。美國國家植物遺傳資源委員會(NBPGRB, 1981)認為種原增新不夠、種原掌管者和使用者之間缺乏相互了解，以及很少從使用者處得到反應等是利用外來種原不活絡的原因。此外還擔心增加的評估項目需要很多額外的資金，這樣會需要大量的公共資金(Anon., 1984a)。

5.透過常規育種方法增加產量：美國現行的植物育種項目，幾乎完全利用適應性好的種原進行育種，這有助於小麥、玉米和大豆持續穩定的增加產量，小麥增產 50%，雜交玉米增加 50～60%，大豆增加 30～40%(Frey, 1981)。英國小麥品種的改良，使產量比過去 30 年間增產 40%(Silvey, 1978; Austin 等, 1980)。在 8 個亞洲國家利用半矮稈水稻和其他改良的品種使 1965～1980 年期間的生產量增加 23.32%(Herdt 和 Capule, 1983)。在 1980 年代 Borlaug 評述了半矮稈小麥對世界糧食供應的巨大貢獻(1983)；近年來水稻的增產則又遠超小麥程度(Chang, 1992b)。

6.作物產量是否已達到停滯時期？雖然英國(Austin 等, 1980)、美國紐約州(Jensen, 1978b)的科學家們認為小麥產量已達到頂點，但對大部份主要糧食作物而言，似乎產量還沒有達到最高峰。農場產量的主要限制因素可能是經濟方面的，而不是生物科學方面的。但是從 1960 年代中期培育半矮稈品種以來，水稻和小麥的最高試驗區內產量沒有明顯的增加，主要原因是作物總生物量沒有增加(Evans, 1984)。此外，稻、麥作的可能產量和試驗站的產量之間(Yoshida 和 Parao, 1976; Riley, 1981)以及試驗站和農場的產量之間(Barker 等, 1977)仍有很大的差異。長期的分析表明，產量增加經歷了一系列發展階段，每一次達到新高峰，一般都和利用新的種原或者特性(如半矮稈植株類型)、或者採用新的品種類型(如雜交玉米、雜交水稻)等有關(Frey, 1981; Chang 和 Li, 1991)。要求所有的研究學科共同努力，將現有的產量水平再推向一個新階段(Frey, 1971; Evans, 1984)，仍須加強基礎和應用研究方面的聯繫(Riley, 1981)。

7.育種者關於遺傳歧異度的觀點和活動：現在美國的育種者比十年前更加認識到遺傳歧異度的重要性。但美國主要糧食作物的遺傳基礎仍然局限於少數優良品種。同時優良種原庫的遺傳基礎要比前廣些，包括很多有用歧異度，比一般認識到的要多。美國育種者對國家種原庫貯存材料十分重視。育成品種的使用有效期逐漸且將繼續縮短，主要原因是私人育種公司的增加(尤其是自花授粉作物)，這可能增加農民可利用遺傳歧異度的範圍(Duvick, 1981, 1984; Brown, 1983)。遺傳工程亦會增加種原的基礎與歧異度(Onton, 1988)。

其他開發中國家水稻育種者，也認識到遺傳歧異度的重要(Chang, 1984a)。但是擴大遺傳基礎乃是一個長期過程，需要持續努力。

相當多未發現的(潛藏)遺傳歧異度可能在表面純同一致的改良種原內找到，如美國玉米帶培育的親本材料。進行精確鑑定的時候，抗病的抗源也許會從優良材料中得到(Duvick, 1984)。

8.不平凡種原的潛在貢獻：有足夠的證據說明，不平凡種原不僅在提供抗病、抗蟲性方面起了很顯著的作用，而且透過對不良環境的耐性提供了更廣泛的適應性和增加產量的潛力。新的外來或不平凡種原的引入可進一步提高產量潛力，就像在燕麥的表現(Frey, 1981, 1994)。這方面的工作應該是合作研究項目中的一個中長期計畫，而不應該像以往視為不重要的、植物育種的附屬品。

9.新作物的潛力：新的或鮮為人知的作物中，遺傳潛力仍然有一個很大的尚未開發的領域(Strobel, 1980)。

10.支持植物遺傳資源計畫：當保存、評價和交換整個過程得到加強，並有經費保證時，擴大和加強不平凡種原才有繼續的可能。遺傳資源的研究需要得到公共和私人事業兩方面的大力支持(Anon., 1984a)。保存者和使用者之間交流情況的改善，能顯著地加強育種者對種原的利用(NPGRB, 1981; Chang, 1984a, 1984b, 1994b)，不同專業學家合作的途徑是很重要的(Brady, 1975; Frey, 1981;Riley, 1981; Chang, 1994b)。

11.遺傳工程先進技術的應用：現有的遺傳工程技術可以做為提高植物育種水準的有力工具。組織、細胞和原生質體培養可以成為分子和細胞生物學做為植物育種的橋樑，但是這些方法將不是代替傳統的植物育種方法(Sprague 等, 1980)。預測在二十世紀內遺傳工程可能還不會得到有用與價廉的產物(NPGRB, 1981; Phillips, 1983)，但育種家仍應利用這項新技術(Duvick, 1996)，並注意多門學科間的密切交流與合作(Day, 1992)。

12.培訓：遺傳質保存還是一門相當新的學科，受過管理該項任務各方面訓練的科學家不多。只有英國的伯明罕大學培養種原保存方面的大學生(Hawkes, 1983)。現在培訓的年輕工作者的數量仍然不夠，不能滿足該項目的要求(Chang, 1994c)。

5.8.2 加強保育項目的措施

種原保育需要相當且持續的技術和資金。在財政困難時期很容易受預算緊縮的影響(Reitz, 1976)。在現代植物育種具有極大影響的第一級和第二級遺傳資源變異中心地區，挽救那些剩下的、尚未保存的種原是刻不容緩的。這個急迫的任務必須在本世紀內完成。在評估、整理、交換、保存和培訓方面的額外投資，對加強保育和利用是很必要的。有必要在主要的基因庫裏保證一種作物的保存量，以便去掉多餘(或重複)的部份，但也有必要在兩處重複保存。在長期基礎上，應當加強和支持國際之間和學術機構之間的合作(Anon., 1984a)。在這方面，小麥、水稻、玉米、高粱和馬鈴薯等作物方面都有很大的進展，而其原因可能為 CGIAR 系統下的國際農業研究中心(IARCs)之作用。很多合作研究都來自各種作物的科學家本身(IRRI, 1972; Anon., 1973, 1977; Marshall 和 Brown, 1981)。許多國家級計畫尚須充分利用國際聯絡網的遺傳材料(Cocking, 1994)。

近二十年來，很多已開發國家都加強在評估計畫或建立基因庫上的投資。其中一例是在西歐由幾個國家建立的「北歐」(Nordic)基因庫(Anon, 1983)。然而總投資還是不能滿足需要(Plucknett 等, 1983; Jones, 1984)，與種原利用有關的合作項目仍然需要更多的資金(Anon., 1984a)。

在正開發國家方面，近十多年來亞洲有多國(泰國、菲律賓、斯里蘭卡、中國大陸、印度等)接到外援，建立了新型的種原中心，同時日本、美國與加拿大亦改良擴大他們的國家種原庫；我國的種原中心在 1993 年建築完工。

5.9 種原交換與利用上的潛在限制因素

1950 年代以來，國家之間和各種作物的科學家之間的作物種原交換有了明顯的增加。多個國際農業研究中心的建立和合作也進一步加強了這種趨勢。國際植物遺傳資源委員會對促進合作也扮演重要的角色。聯合國糧農組織(FAO)計畫於 1984 年召集一個各政府之間的會議，以保證種原在各國間的自由流通。對於現有許多國家的植物檢疫制度帶來的交換限制，有必要重新評估和改進(IBPGR, 1983a)。FAO 在 1996 年另

召開一浩大的國際會議，但因涉及金錢問題，對種原的保育與交換沒有實效。

農業系統以外的政治活躍人士(Mooney, 1980, 1983)對已開發國家「植物品種專利法」，以及美國許多種子公司被多國性公司接收等表示了關注與攻擊，認為這可能阻礙種原的自由交換和利用，從而導致遺傳基礎狹窄。一些資源豐富的開發中國家 也表示了同樣的憂慮(Jain, 1982)。儘管在社會道義上已意識到這種關注是對的，但在客觀上有關的技術還是相當薄弱(Sneep 和 Hendriksen, 1979; IBPGR, 1983c)。已開發國家改良的種原也將有利於開發中國家(Anon., 1984a; Smith, 1984)。開發中國家主要糧食作物的許多改良工作仍將繼續由公家機構(政府部門)完成。國際農業研究中心群族對改良種原的合作生產和交換貢獻良多。交換和流通的障礙可能著重價值高的雜交種和經濟作物。植物育種者的權利可能影響植物育種交換使用活動，在已開發國家的這種不良影響比開發中國家的為大(Barton, 1982)。美國自從「植物品種專利法」通過以來，私人公司的育種活動急劇地增加(Perrin 等, 1983)，並往往為大化學公司所掌握，這亦是為活躍人士及發展中國家(the South)指責前者(the North)的緣故。

5.10 展望

過去二十年來，幾乎所有已開發國家，尤其是美國與日本，對國際農業研究中心和國家研究中心的種原資源保存、評估、整理和利用，提供最多的資金和強化活動(Plucknett 等, 1983; Jones, 1984; Williams, 1984; Chang, 1991a)。儘管如此，總投資仍然不能滿足當前和將來的需要(NPGRB, 1981; Wilkes, 1983; Goodman, 1984; NRC,1993)。遺憾的是，大部份的開發中國家的種原中心尚未得到更多的本國支持。為了將來的利用，資源缺乏的已開發國家與資源豐富的開發中國家合作及支持將為一合理的構想，可擴大保護日漸減少的遺傳資源並互蒙其利。已開發國家的公共機構和私人公司都會從這樣的投資中獲利。

同時，在保存和保護人類最重要的生物遺產方面，社會中每個人都應當承擔自己的任務(Frankel, 1974; Chang, 1983b, 1984a; Swaminathan, 1983b; Anon., 1984a)。不同部門的共同努力將會促使人類更好地保存和利用生物財富，這些財富部分由農民在過去的幾千年至一萬年間創造。作物科學家尤其應該正視這種挑戰，用他們的科學知識，充分利用現有的遺傳潛力，為人類後代造福。

過去 30 年來從水稻和小麥種原的利用中獲益的紀錄(Dalrymple, 1978, 1986; Herdt 和 Capule, 1983; Borlaug, 1983; Chang, 1992b)使作物科學家們相信，將來人

口壓力對糧食生產有更高要求時非得依賴作物生產，那時所得到的收益將會更大。

同時，在人口愈多的開發中國家必須限制人口的增漲，使人類的營養水準得到真正的改善。從 1950 年代中期到 1980 年代中期的作物生產統計和人口數字顯示，儘管有小麥和水稻綠色革命的成就，但開發中國家每人的農業生產指數卻仍保持原狀(IRRI, 1982a; Hsieh 等，1982)。社會中每一環節都必須共同努力，使人類福祉得到更廣泛的改善。

5.11 尾語

種原是作物改良的基礎，為一絕不可缺少的資源，但進一步考查，近百年來的育種工作大半賴引入的材料，若不是已有相當名望的外來品種(或品系)，便是已有初步報告的育種品系(外來或國內自育)，頗少利用種原庫的不平凡材料，在水稻方面，已育成的改良品種或已有報導的及有希望的品系是一般育種人員急於取得者，農藝性狀較差的或不平凡種原僅有少數的研究人員索取，除非已在發表文章中提及成為遺傳工程研究者的熱門材料，否則不平凡的種原甚少有人過問，例如 1980 年代水稻組織培養中常用的台北 306 號與赤 Fujisaka 5 號，野生種則罕為育種家注意。此種有限的種原利用不但減少科學上重大突破的機會，亦使保育工作難享尊重地位；同時一旦成功後保育人員的貢獻往往不為育種人員提及，有損保育人員的士氣；在另一方面因植病、昆蟲、生理等研究人員較重視材料來源的述明，才給保育同仁一些鼓勵。

追究以上不平衡的發展，不外乎因育種人員的急功好名，專走捷徑，這也是育種權利保障的發生點；但在真正了解種原的真諦及具有遠覽與前瞻性的育種家眼光中，只要一種材料有可取長處是不輕易放過的。從這二十多年來的作物改良歷程中(可參閱 IOB, 1990)見到有突破或重大成就的育種家(間)，尤其跨越國際領域者，均曾採用遠緣親本或不平凡種原，例子前已述明。因此我們應用為期較久的評估眼光來比較不同育種團隊的效績。

同時本人亦注意到種原人員(大多數是由他行轉業而來，甚少專門者)往往有被動的習性，由於種種限制、少做事(供應種原)為一上策，因此有效的種原交換與供應工作限于美國農部與國際農業研究中心，這不僅是經費問題，服務性的志願實為最大因素，同時保育人員是否願於參加其他學科人員主持的團隊，將他們的專識與人同享，其中含有許多學習基礎，往往是一挑戰性考驗。本人的經驗在 IRRI GEU 合作工作學到的新與廣博的學識是一般機構中少有的機會，因此如保育人員不踏出自已的小圈子及與

他們合作，能做者僅為吃力不見功的服務，亦錯過了可在種原上做進一步研究的機會，茲以上述經歷來勉勵同好。

增新(或預先育種)工作亦是利用不平凡種原的一個重要與必需的步驟，雖此刻文獻中充滿分子及離體技術的報告，但除少數確是技術上的突破，大多數工作集中在追蹤(tracking)與定位(tagging)的工作。雖此種準備工作亦屬重要，要達到農民可用的階段，仍免不了有一段漫長的試測與改良(再行雜交、選擇)過程。其中必需有經驗的育種家與相輔的各門專家(植病、昆蟲、生理、農藝、遺傳、生化、統計等)的參與，與 GEU 的過程沒有太大的不同，因此我們不應奢望從分子科學家的試管或針管中，一下從實驗室或溫室便可進入農田；反之，為安全的試測與考證，更得費時辦竣，同時詳細的記錄與專利權的申請亦是不可少的。但今日學習正規育種與相關研究的年青人士越來越少，將來如何組織成一有效的團隊亦是值得思慮的大問題。

種原人員不必擔憂他們的前途，因遺傳工程需要經過選擇更特殊的材料與豐富的智識及實地經驗的夥伴，這是優越種原家的特長，當在適當機遇下為其他行業同仁賞識，但種原人員亦應先準備自已來擔當更上一層的任務。

第6章、作物歷史與遺傳質保育：稻－專案研究

摘要：本文回溯世界上一最主要糧食－稻的起源歷史、演化、傳佈、分化及生態遺傳歧異性產生。討論如何使稻成為一廣泛栽培作物之獨有特色、描述稻作在不同栽培地理區域之演化、列舉暨比較導致亞洲與非洲栽培稻種間產生巨大歧異之過程、考證誘發稻作遺傳資源保育警覺之事件、並論述不同種原庫蒐得稻種原之種類與保育。適時之國際保育已挽救肇因於半矮性稻極速擴張所導致之替代與滅絕，並給稻作研究者增添豐富的基因團。富有經濟性狀的無價種原大部已經由國際稻米研究所(IRRI)之評估與鑑別而釐出，多量種原之深入研究不僅已俾益品種改良(所謂的綠色革命)，並給稻作研究帶來多方面之推動。用跨多種學門的研究方式以瞭解作物之歷史及歧異性，亦有助於遺傳質保育策略之規劃暨所需基因之蒐尋，從稻作方面所獲取的經驗可提供其他作物借鏡之模式。

索引述詞：稻屬(*Oryza*)、亞洲栽培稻(*Oryza sativa*)、非洲栽培稻(*Oryza glaberrima*)、稻作(rice) 、半水生種(semi-aquatic species)、潮濕熱帶自耕自給小農的作物(subsistence crop for the humid tropics)、超級洲(Gondwana origin)、非洲及亞洲平行的演化(parallel evolution in Africa and in Asia)、傳佈及分化(dispersal and diversification)、不同栽培型(cultural types)、水-土壤-季節之栽培環境(hydro-edaphic-seasonal regimes)、遺傳歧異度(genetic diversity)、田間收集(field collection)、稻種原庫(gene banks of rice)、種原交換(exchange of germplasm)、種原評估利用計畫(GEU program)、野生稻之利用(use of wild rices)。

6.1 稻米的經濟重要性

稻米與小麥在供給世界人口糧食方面具同等重要性，而稻作主由普通稻或亞洲種栽培稻*Oryza sativa* L.所生產。非洲種栽培稻*O. glaberrima* Steud.僅在西非有相當小的稻栽培面積，而該栽培面積正持續被*O. sativa*取代中。

雖然稻一般被認為是季節風氣候下的半水生作物，但它的栽培地區則從北緯53度至南緯40度(Lu and Chang, 1980)，稻可在不同的地文-水文-土壤環境下被栽培(O'Toole and Chang, 1979)。

在糧食作物中，稻是唯一能忍受土壤長期浸水的作物，因此，種稻乃成為潮濕熱

帶低窪地區自耕自給農戶之自然(甚至唯一)抉擇。並且，稻株在湛水土壤狀態下，可經藉若干微生物的生物固氮作用而獲得氮素(Lu and Chang, 1980; De Datta, 1981)；而浸水可使某些幾無生產力之土壤增加養分之可利用性，並減少若干土壤毒素(Ponnamperuma, 1977a)，如此，貧瘠土地之種稻者可不須施用肥料而可持續獲得一些稻米。

在1980至1990年間，世界稻穀之年產量範圍為397至518百萬公噸，年收穫面積為145百萬公頃，而1990年亞洲國家之稻栽培面積總計為132百萬公頃，年產478百萬公噸，1993年482.5百萬公噸其中國大陸與台灣約佔36%(IRRI, 1984a, 1991, 1995)。

就人類消耗之世界性基準而言，稻供給20%熱能與13%蛋白質，稻是二十億以上人口之主要糧食，而大部份之稻米消費者則在人口密集的亞洲國家。近年來，拉丁美洲及非洲之稻米需求量正在急速增加中(Lu and Chang, 1980; IRRI, 1982a)。

就主食言之，每克糙米較小麥提供更多之熱能。一公頃之稻作可供養5.63人/年，反之，小麥與玉米僅可分別供養3.67人/年及5.06人/年(Lu and Chang, 1980)。

在西元1968至1981年間，亞洲稻米總產量增加42% ，單位面積增產29% ，投入稻作生產之土地增加11% (IRRI, 1984a) ，不幸的，同期間，人口卻增加31% (IRRI, 1984a)。在最近十年間，開發中國家每人之糧食生產遠落於世界總糧食生產，由於稻田可增加面積有限，人口密集的孟加拉、印度、印尼等稻米主食國家之人口，以2%以上增加率持續增長 (IRRI, 1982a)，使得稻米增產之未來展望更見悲觀。如此，稻米供給之進一步增加，而成為農業科學家最主要之挑戰。

6.2 稻屬*Oryza*的生物系統學與二個栽培種之演化

在植物分類學上，稻為*Oryza*屬(genus)草類禾本科(family)(Gramineae或Poaceae),內Pooideae亞科之稻族(tribe) *Oryzeae*。稻屬共含二十個野生種與兩個栽培種。這些種之大部分(含兩栽培種)為二元體(2n=24)，另七或八種為四元體。表6.1列舉這些種之種名、倍數性、染色體組及地理分佈(自Chang, 1976a更新的資料予以修正)，它們在非洲、南亞及東南亞之分佈圖已由Chang(1975)及Harlan(1975c)等氏編輯成圖。

表6.1 稻屬的種、染色體數目、染色體組和地理分佈

種　　名　（同義詞）	x=12 2n=	染色體組	分　　佈
O. alta Swallen	48	CCDD	中美和南美
O. australiensis Domin	24	EE	澳大利亞
O. barthii A. Chev. (*O. breviligulata*)	24	A^gA^g	西非
O.brachyantha A. Chev. & Roehr.	24	FF	西非和中非
O. eichingeri A. Peter	24,48	CC,BBCC	東非和中非
O. glaberrima Steud.	24	A^gA^g	西非
O. grandiglumis (Doell) Prod.	48	CCDD	南美
O. granulata Nees & Arn. ex Hook f.	24	---	南亞和東南亞
O. glumaepatula Steud. (*O. perennis* subsp. *cubensis*)	24	$A^{cu}A^{cu}$	南美和西印度群島
O. latifolia Desv.	48	CCDD	中美和南美
O. longiglumis Jansen	48	(AA)	新幾內亞
O. longistaminata A. Chev. & Roehr. (*O. barthii*)	24	A^1A^1	非洲
O. meridionalis N. Q. Ng	24	---	澳大利亞
O. meyeriana (Zoll. & Morrill *ex* Steud. Baill)	24	---	東南亞、中國南部
O. minuta J. S. Presl ex C. B. Presl	48	BBCC	東南亞
O. nivara Sharma & Shastry (*O. fatua*, *O. saativa* f. *spontanea*)	24	AA	南亞和東南亞, 中國南部
O. officinalis Wall. *ex* Watt	24	CC	南亞和東南亞,中國南部,新幾內亞
O. punctata Kotschy *ex* Steud.	48,24	BBCC, BB(?)	非洲
O. ridleyi Hook f.	48	---	東南亞
O. rufipogon W. Griffith (*O. perennis*, *O. fatua*, *O. perennis* subsp. *balunga*)	24	AA	南亞和東南亞, 中國南部
O. sativa L.	24	AA	亞洲
O. schlechteri Pilger	48	---	新幾內亞

6.2.1 *O. sativa*之原生地與推測祖先

22 個 *Oryza* 種有如此廣泛的熱帶分佈(非洲、馬達加斯加、南亞、東南亞、東亞、大洋洲與中南美洲)，致使稻植物學家與遺傳學家對這支離破斷續的地理圖譜十分困

惑，而這支離破斷續的分佈地理圖譜亦引致多年來對*O. sativa*的祖先有不同之論測(細節可從Chang, 1964文中見到各種推測)。

自de Candolle (1882) 起，稻作研究者已對*O. sativa*之原生地與推測祖先有諸多不同之論點。有十人之多的稻作研究者認為仍有被若干稻研究者所沿用的"*O. perennis* Moench" 是一個模稜兩可之命名，此植物同樣地被認為是*O. sativa*及一些一年生雜草型之祖先(見Chang, 1976c)。直到1974年，岡彥一及其同僚仍堅持這"*O. perennis*" 是*O. sativa*及亞洲、大洋洲、非洲、南美若干多年生野生稻之祖先(Oka and Chang, 1961; Oka, 1964, 1974)。其先，甚至*O. minuta* Presl et Presl 也被Roschevicz (1931) 與Chevalier (1932)等氏建議為可能為O. *sativa*之祖先，而前者認非洲為*Sativa* Rosch. 節(section)之中心，包括*O. sativa* 與 *O. glabberrima*，可見各種理論的零亂。

而這些爭論與混淆概肇因於下述的一些事實：

1. 往昔植物學之研究與系統命名僅依據非常有限之樣品，而不同研究者之典型標本又分別保存於不同的國家或已失去，僅有Tateoka (1964) 氏曾經訪察過近乎所有之植物標本而進行可靠的鑑別研究。
2. *O. sativa*野生親屬之近親命名與一再另命名之差異。
3. 野生種近親由於與栽培種及一年生雜草型(*O. sativa* f. *spontanea*) 天然雜交及偏向回交(introgression)，導致典型之野生種標本在自然界已不復存在，所見到者均為混雜的各種雜交後代，無法分辨或命名。
4. 實驗研究係奠基於晚近自然存在族群之有限取樣基準上。
5. 導因於Sampath and Seetharaman (1962)、Watson(1971)、Nayar(1973) 及Huke (1976)等對生物地理學及作物歷史之錯誤解說，更增加混亂的情境。
6. 忽略運用跨多學門方法去探討與分析一個複雜之課題。

以上，不僅僅是稻作研究者陷入此等窘境而已，作物演化過程之闡釋均有相似的困難與不完整的推測。直至1976年作者才予以澄清(Chang, 1976a, b, c)。

6.3 *Oryza*之兩栽培種原生地之公認設說與演化途徑

經藉綜合地球科學(尤其是板塊構造與移動學)、考古學、歷史與史前學、人文學、生物地理學、作物演進學、農業歷史等所有可用資訊與證據，Chang(1976c) 倡說兩種栽培稻是在白堊紀初期Gondwana (Gondwanaland) 超級洲在碎裂漂滑前的具有一個遠古共同祖先演化而成，這過程各包括三個主要種及不可數計的高度異質雜草型

種原的平行過程(圖6.1)。 Harlan and de Wet (1971) 稱這些野生與栽培種原為初級基因族群(primary gene-pools)，可以直接雜交而利用。

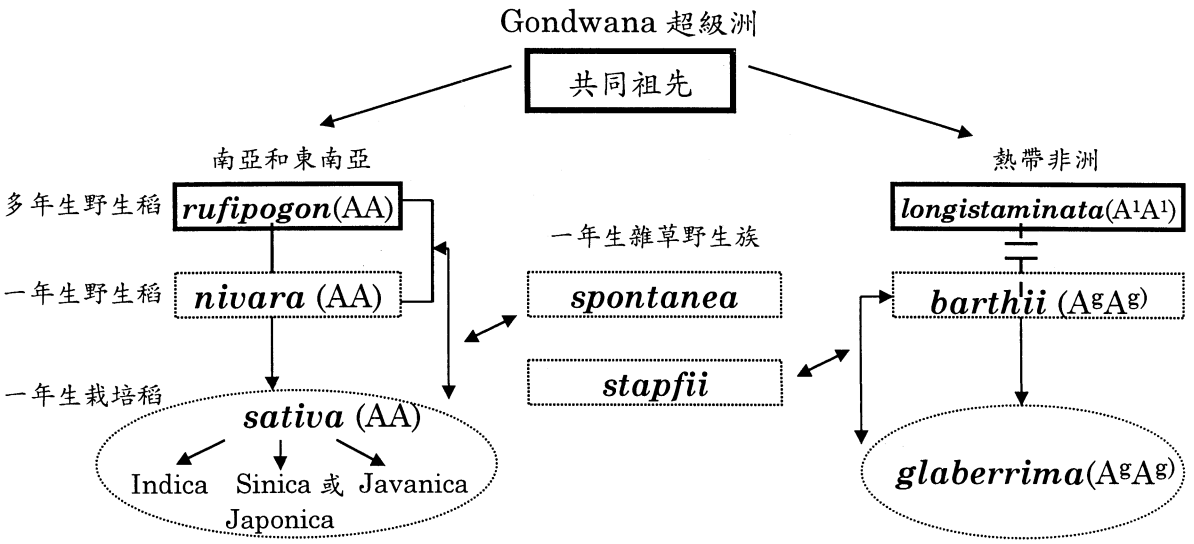


圖6.1 兩個栽培種的進化途徑，實線框代表多年生野生稻，虛線框代表一年生野生稻，單箭頭代表直接血統，雙箭頭代表基因滲入雜交，括弧內為染色體組(引自Chang, 1976c)。

何等的證據可被用來提供、支持顯示稻屬較喜馬拉雅山更遠古的假說？作者的答案如下：

1. 在白堊紀初期時碎裂並飄移成南美洲、非洲、澳洲、南極洲、南亞與東南亞大陸東南亞及大洋洲大島及馬拉加西的論說，在地球科學方面是一個已被科學界接受的事實(Hallam, 1973)，而由此碎裂並漂滑的這些岩板，分別到達目前位置之概略時期也已測定(Smith and Hallam,1970; Ravan and Axelrod, 1974)。非洲與南美洲第一次迸裂約在一億三千萬年前；澳洲與南極洲約在一億一千萬年前分離；南亞板塊是最後從西Gondwana碎塊群中漂離的主要碎塊；於八千五百萬至九千萬年前分離;喜馬拉雅山於四千五百萬年前經南亞板塊與舊亞洲大陸板塊(Laurasia主為中國)撞擊後隆起；以上說明二十個*Oryza*野生稻在南半球潮濕熱帶之廣泛而不連續的分佈。
2. 稻屬種原在南半球之泛熱帶分佈幾已被判定係濱臨Glossopterid之北緣 (Melville, 1966)，Glossopterid屬是一種介於種子與羊齒的化石植物，它一般被認為是被子植物之祖先。

3. 圖6.2顯示16個*Oryza*種原的已知染色體組相當吻合Gondwana 碎塊之地理分佈(Chang, 1976d)。

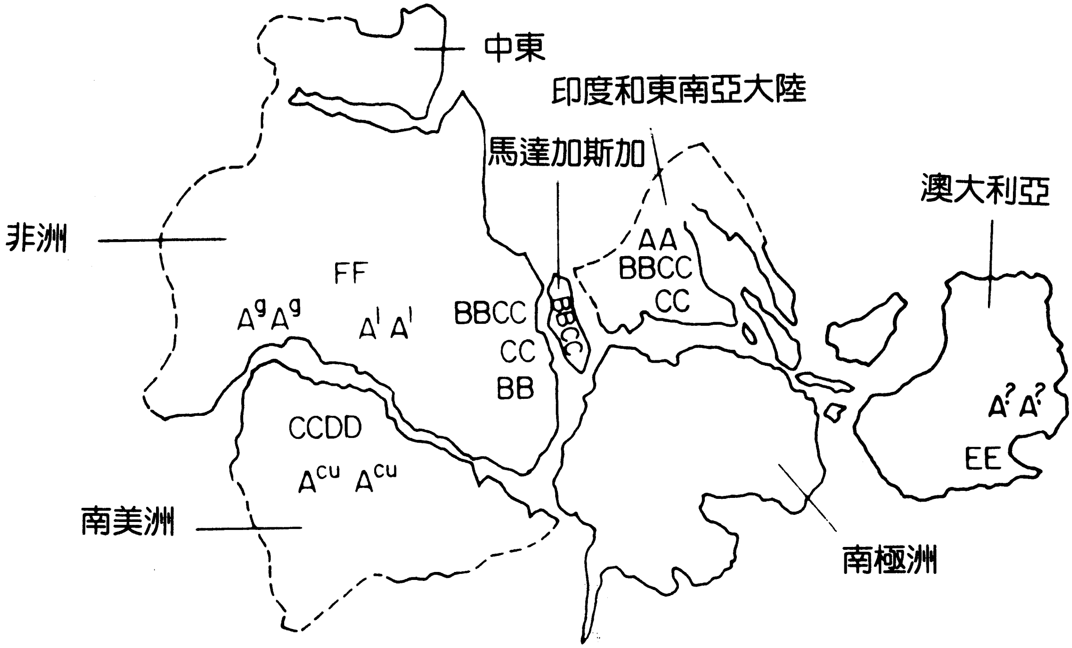


圖6.2 岡瓦納超級洲(Gondwana)組成部份的重組，表示出在不同地區發現的野生稻種的染色體組。

4. 在南亞板塊與中國併合之後，中國被北擠並移動約10-13個緯度(Wu, 1980)。Gondwanic之*Glossopteris*區植物相與Triassic時代動物相之遺跡已在喜馬拉雅山北麓斜坡被發現，即現今中國領土之Jolmo山(Yin and Kuo, 1978)，此可解釋喜馬拉雅山北麓溫帶稻種(中國型sinica，稉型keng或日本型japonica)之較晚形成(Chang, 1983a)。
5. 作物演化之一般趨向是：多年生野生種→一年生野生種→一年生栽培種→一年生馴化種(Whyte, 1972; Simmonds, 1976) 。而中國栽培稻之演化正代表馴化的真義：人類的培育是熱帶種能在溫帶適應馴化必需條件。
6. *O. sativa*之生態遺傳歧異度在亞洲較在非洲為豐碩，即在於亞洲區域有較廣的作物散播與人類之遷徙(表6.2)。
7. 南美的多年生野生種(*O. glumaepatula*) 與澳洲的一年及多年生野生種(*O. meridionalis*)雖亦有A染色體組，但未曾馴化成栽培種，就是因為在該二地區無古

代農業發展之故。

表6.2 Oryza sativa 與 glaberrima歧異度不同之引致因素

因　素	亞　洲	西　非
分佈範圍 (緯度)	10°S－53°N	5°N－17°N
地　形	丘陵較多	平原(無灌溉)
人口密度	高	低
人類的遷移	不　斷	很　少
鐵　器	很　多	沒有或很少
馱　獸	水牛和牛	?

以上這些資訊可望解決關於*O. sativa*原生地與演化途徑懸而未解老問題之大部份，雖然若干這些証據仍嫌不完整，且諸多有關種間關係疑問仍待研究釐清(Chang, 1976c)。

6.3.1 亞洲一年生栽培種之出現

亞洲栽培種之一年生祖先於新熱紀(10000~15000年以前) 開始出現於一年生野生祖先之週邊地帶--主要在喜馬拉雅山南麓週緣，少量在中國南與西南地帶。新熱紀時代之乾旱交錯與顯著溫度變異(上升)，加速東及東北印度、東南亞洲與中國南部地區一年生稻種原之發展。

早期栽培種為印度生態(Indica)地理型(Chang, 1976c; 1983a)，這些種原一般較它們之野生祖先早熟。如此，它們能在更乾旱與變動的氣候下，長得更繁茂並產生更多之子實，這導致它們能比一年生野生種更往北移。而喜馬拉雅山南麓週緣與其綿延東南亞大陸山脈之益趨乾旱也迫使這些在中國早期居民東移及南移至較潮濕地區，而人類之遷徙與稻株之散播更加速生態遺傳歧異之一個必需程序(Chang, 1976b)。

在包含南亞板塊碎塊沿雅魯藏布江(Brahmaputra River, Hsiangchuan R.) 支流之中國現今領域，溫帶稻種，即中國型(Sinica或稉keng) 從原始熱帶印度型分化出來(Chang, 1976c; 1983a)，而這個溫帶種因日本稻作學者的始用而成為廣被沿用的日本型(Japonica)(Kato et al., 1928)，雖然日本人是在約2,300-3,000 年前才從中國初次取得這稻種(Morinaga, 1967, 1968; Akazawa, 1983)，因此Japonica一名在我國粳型稻之後，以年代為準，我們應用Sinica型一名(Chang, 1976b)。

由南亞及東南亞洲之東邊高地，一種高莖且大穀粒的種原被攜至印尼群島，這種稻種原終於分化成爪哇型(Javanica)。

這些亞洲栽培種之地理散播與其後陸續岐異分化成三個生態地理種--印度型、中國型及爪哇型之過程示如圖6.3(Chang, 1976c)。

在三個栽培型中，印度型無疑是最原始的基本種，爪哇型則屬最近代演進來的，中國型居中(Chang, 1976c)。

6.3.2 非洲栽培種之沿革

Porteres (1956) 推論非洲栽培種(*O. glaberrima*) 起源於西非尼日河三角洲。*O. glaberrima*的原始變異中心是在尼日河上游沼澤盆地，兩個次級變異中心是該河在西南，靠近幾內亞海濱。而這個原始中心約在西元前1500年形成，次級變異中心則於西元前500年發展成。

在西非，*O. glaberrima*是一種主要穀食，以撒播於泡水農田或稍加控鬆的土地，栽培於尼日河善積水地區與河谷盆地。看天田稻作概以撒播或穴植方式直播，甚少以移植方式栽培。在非洲約有25%稻田行旱田栽培，其中大部份屬與叢林或草類輪流休閒之耕作制度。*O. glaberrima*稻種在當田土被木棒控鬆後被撒播或穴植。若干非洲農民尚以斧頭、鋤頭(或木棒)、砍刀進行稻田整備。在地下水層較高，水份充足土壤，藉落粒*O. glaberrima*極似一自我永續的雜草 (Chang, 1976b)；在低濕農田已改種*O. sativa*的水田內，*O. glaberrima*則已被替代並視為雜草。

非洲栽培種及它的一年生野生種*O. barthii*均較它的亞洲類似物種少變異。唯，Porteres(1956) 認為在*O. glaberrima*內有兩個亞種，即*vulgaris*及*humilis*；而Oka及其同僚(Chu and Oka, 1972; Oka, 1974)則相信那*barthii-glaberrima*混雜型可被分化成兩個生態型：深水與旱田兩型。但在水較深地區，非洲栽培種節間之伸長性較亞洲栽培種為劣，只能耐受1～2公尺水深(Chang et al., 1977)。

就馴化之歷史與種內品種歧異程度而言，亞洲種*O. sativa*之分化較西非之*O. glaberrima*為早應屬合理(Chang, 1976b)。與亞洲栽培種相較，非洲栽培種在三十天齡植株呈現一較高相對生長速率(relative growth rate) 、較低的劍葉光合能力，低結實率與穀產量，與低收穫指數。這些非洲栽培種與亞洲栽培種的相對差異與存在於*O. nivara*與亞洲栽培種之差異相似(Cook and Evans, 1983)。

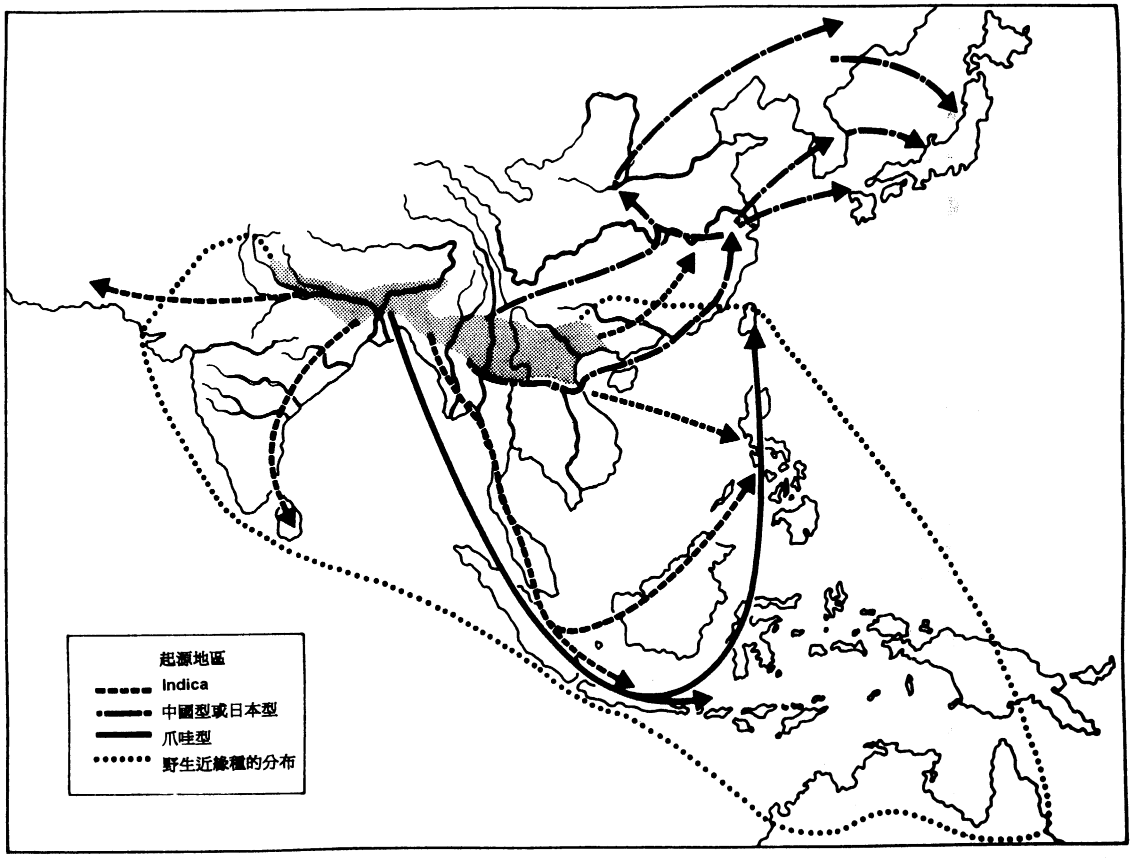


圖6.3 野生近緣種的範圍和 *O. sativa* 生態地理類型在亞洲和大洋洲的傳播(引自 Chang, 1976c)

6.4 馴化與栽培下之變化

*O. sativa*在栽培與馴化(尤其在溫帶)過程中，多個重要形態與生理性狀發生改變。較大的葉片、長且厚的莖稈及較長的稻穗使得稻株型體變大。其他如葉數與展開速度、二次枝梗數及粒重、幼苗生長速率、分蘖能力、分蘖發育與幼穗形成同步化、穗與分蘖比率等亦均有增加。另外，單葉淨光合率稍有增強及穀粒充實期間增長等(Chang, 1976b)。劍葉之光合期間、收穫指數均有增加(Cook and Evans, 1983) 。同時，葉距、紫或紅色素(或全失)、根系形成、深水漂浮能力、芒、散穗、穀粒休眠期長、光期反應、低溫敏感性等特性均降低 (Chang, 1976b; Cook and Evans, 1983) 。異花授粉頻度亦低降，致本作物較野生種原更趨向自花授粉(Oka and Morishima, 1967)。

當稻株被栽植者從潮濕熱帶、亞熱帶攜至溫帶諸地廣泛散播後，稻株經歷更進一

步之改變，若干形態與生理改變如：同步分蘖、整株齊一成熟、再生力降低、穀粒休眠性喪失等均隨著栽培技術之進步而改變。當稻作更北移，綜合自然與人類選擇或淘汰壓力，在多種氣象、土壤與季節及不同之耕作方式下導致當今亞洲栽培稻*O. sativa*發生廣大的生態歧異。這作物已在溫帶地區真正馴化，靠人類得以續生(Chang, 1976c)，其適應過程，與以收穫種子作種植之相關關係，幾與其它禾穀作物相同(Harlan et al., 1973)。

栽培者的偏好、社會宗教習俗增添本栽培種更多之形態歧異性：穗之重量、穗長、穗著粒密度、穀粒大小與外形、穀粒厚度、粒重、穗枝梗軸顏色、芒之有無與長度、護穎顏色、穀殼顏色、種皮色、直鏈澱粉含量、胚乳凝膠特性等(Chang, 1976b)。

6.4.1 深水田與旱田中新栽培型之演化

具有特出節間伸長能力的亞洲深水稻，極可能是當栽培者遷徙至雨季末期的深水地區(水深二公尺以上)時，從多年生野生種*O. rufipogon*獲得其漂浮習性。當此種稻株在深水狀態下被栽植時，這種稻株在高節位分枝且節間伸長迅速，上位節產生不定根、具生長地點及成熟期及光期敏感性專一性(Chang, 1976b)。深水稻種原之演化經歷分化－雜交輪迴(Harlan, 1970)與農民淘汰等兩種力量(Chang, 1976)。

當稻株被引入土壤保濕力差暨地下水位較低等旱地或山區域，演化出早熟、低分蘖能力、深且粗根系之陸稻(旱稻)。在東南亞大陸，此群稻就是人們熟知的高山稻(hill rice)。這陸稻已與其濕田型祖先有極顯著區別，它們通常在通氣良好土壤狀態下生長良佳，並不喜長期泡水土壤(Chang et al., 1972b)。若干耐乾旱陸稻之根長可與小麥相比(IRRI, 1975)。

深水與旱田品種的產量當然不及普通淺水稻，但可在特殊環境下適應生產若干稻谷，供食用。

6.4.2 季節及水土壤生態型之演化

在恆河三角洲，冬、夏、秋三季栽培之稻株已演化成可以適應該區隨季節變動之西海岸水深與氣溫的生態型。這些稻種原被孟加拉共和國及印度農民，稱之為boro(冬)，aus(夏)，及aman(秋)。在其他亞洲季節風地區，兩個栽培季節者甚為普遍，即雨季(main; kharif; maha)與旱季(off; rabi; yala)。

有計畫的間斷式人為選擇，伴隨雜草型野生種原的引入，已導致栽培稻種間有龐大的歧異性，足以適應各氣象因子(主為溫度與光期)、水域(深、淺、旱田及各種中間

狀況)、土壤條件(鹽、鹼、酸、冷等)等。*O. sativa*在栽培種內，這種氣象與水文適應性的變異量(圖6.4)對於熱帶半水生稻種原間是非常特殊(Chang and Oka, 1976; O'Toole and Chang, 1979)，久後引導不同生態型與不可數計的當地品種群體，名稱十分雜亂。

當這些基於熱帶的品種被人類北攜且被栽培在更有限生長季節時，光期敏感性與溫度敏感性之喪失，隨著株高降低、較有限的分蘗能力、與雜草競爭力低降、分蘗間抽穗更同步、較長的穀粒充實期、更弱的再生力等，營養生長縮短及高產的株型終於演出，並建立它們在溫帶的生態地位。這個轉換可見於中國早熟秈型稻與東亞高產中國稉型稻等兩類種原(Chang, 1976b)。

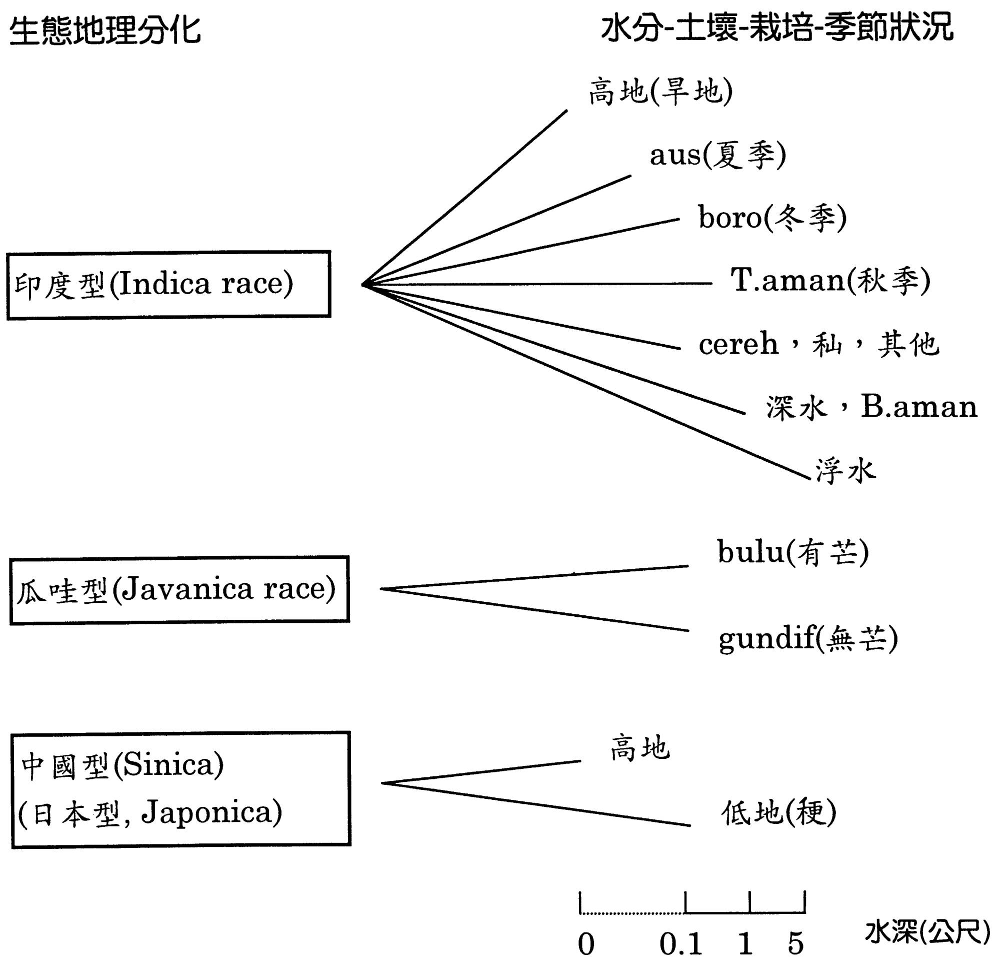


圖6.4 *O. sativa*栽培品種的常規分類。

亞洲水稻栽培品種，按生態地理類型、水分-土壤-栽培法和作物季節歸類。生長在長期浸水的栽培品種屬於水稻。

6.4.3 生態－地理型與栽培方式型

稻作研究者首被加藤等同僚(1928，1930)的報告所奮動，他們發現當日本的、中國、印度、斯里蘭卡及印尼的稻種原在雜交後有：不連續的形態差異、F_1雜種不稔性、不同的血清反應。他們用印度型來描述熱帶稻種原及中國亞熱帶品種者，反之，日本型就是用以指明日本、中國、韓國短而圓穀粒之稻品種。而此印度型與日本型及相等於中國之秈與稉兩型。此秈與稉兩字自西元第三世紀以來早為中國人所使用(Ting, 1949)，因此，中國型一字已被作者推薦用來指稱溫帶稻種原---粳型(Chang, 1976b, 1976c)。爪哇型一字則被用來標明印尼的bulu(有芒)及gundil(無芒)水稻種原，這些種具有長穗、長花梗及大且寬穀粒等特徵(Matsuo, 1952; Morinaga, 1954)。

而其他日本稻作學者的研究則顯示，有不能歸入任何一亞種的諸多品種存在(Terao and Mizushima, 1939)。在印度孟加拉地區及孟加拉共和國的aus品種及印尼的bulu品種等與印度型與日本型品種均呈高度親合性，而被歸類為中間型(Morinaga, 1968)。

評估三亞種或生態地理型種原的遺傳親和性的主要依據是F_1雜種之花粉及種子稔實性，種間雜種(interracial hybrids)的稔實率變異由部份不稔性(13-50%)，至高度不稔性(50% 以上)。染色體的異常分離與受抑的重組已被發現在若干雜交組合。若干F_1雜種之減數分裂表現出減數分裂異常現象，例如：鬆散的配對、單價體、四價體、倒置、缺失等(見IRRI, 1964)。作者等稍後的研究顯示來自不同地區印度型種原在雜交後也可發現類似的染色體異常分離，尤其是植株高的印度型種原與中國的半矮性印度型(秈)種原。中國、印度與日本學者多人的研究顯示，有種間(interracial)與種內(intraracial)等兩種不稔性存在，而時空 (temporal-geographic)隔離應在導致遺傳障礙上扮演一重要的角色。尤其，在部份不稔性雜種呈現的多種染色體異常分離並不能表示全屬F_1不和合性(incompatibility)，而基因不平衡 (genic imbalance) 可能在不稔性的表現方面有潛在之影響力(見Chang and Li, 1980)。意外的是，若干印度型與印度型的雜交組合被發現比*O. sativa* x *O. nivara*的組合有更高的不稔性 (Engle et al., 1969; Dolores et al., 1979)。

在生態－遺傳分化的再度關注已引致最近包含生理與生化方面的研究。它們的發現強調：在如此眾多的稻種原中，過份依賴植株與穀粒型態來描述及歸類並不十分恰當。目前，稻穀大小與粒型是稻生產者偏好的項目，而主要的穀粒粒型可在若干世紀內被迅速改換 (Watabe et al., 1970)。其他另外未曾被用來充分瞭解龐雜品種的標準

為：胚乳直鏈澱粉含量、光期暨溫度反應、根系之土壤--水文適應性及穀粒成熟期長(Chang, 1976c; Lu and Chang, 1980)。

主要稻品種歧異地區的生態遺傳分化過程是發生在稻種被馴化與栽培從喜馬拉雅山南麓擴至越南延伸的廣大地區中、中國西南及南部諸多山脈北邊區域等，經過雜交與分離，在不同環境之自然與人類淘汰或選擇，或突變而產生(Chang, 1976c)。今天，人們可在雲南與貴州省山區發現，中國型(稉型)被種在海拔1,800公尺以上區域；中等海拔區域則是中國型與印度型混植區；而海拔低於1,000公尺地區則全為印度型(秈)(Ting, 1961)。

栽培方式代表另一種可以它們的生態適應性來進行稻種分群的準則。深水與旱田等兩類稻種被發現存在最富歧異的印度型稻種原中，溫帶種原(中國型)也存有旱田型稻種，但無深水型稻種。爪哇型水稻嚴格侷限生長在淺濕土壤，但它在遺傳上相近於東南亞洲大陸之高山稻(或旱地)及孟加拉共和國與印度之aus群稻種原(IRRI, 1984a)。耐冷品種可在三型種原中都有發現，雖然它們之生育期內專一性反應(growth stage-specific response)有不同。

因引用地理上分歧稻親本的育種結果，更增添生態地理稻型形成模式之複雜性與困擾。生化檢測與數值分類學(numerical taxonomy)將有助於澄清若干其中模稜兩可之處。

6.5 亞洲栽培種的古老遺跡與傳播

6.5.1 考古學發現

de Candolle (1882) 設稱：中國的稻作栽培早於印度，雖然起源恐以印度為早。到1970年栽培稻最老的遺跡(屬印度型，可追溯至西元前5,008±117年或距今7,000年前)被發現在中國東部(浙江)杭州灣稍南的河姆渡遺址之出土遺物中(見Chang, 1983a) 。稍晚期的印度出土稻谷遺物(可追溯至西元前4,530年)，係來自北印度的標本(Vishnu-Mittre, 1976)。而其後在我國浙江羅家角的中國型(稉型)為主炭化粒則也可追溯至距今7,000年前(Luo-jia-jiao Archaeological Team, 1981)。近年在湖南澧縣彭頸山掘出陶器 稻穀之遺蹟將中國稻作中更推早至距今8200－7800年前，此外在長江三峽下區亦有發現，但詳情不明，並且炭化谷粒中甚可能含有野生及雜草型谷粒。

出自泰國北部Non Nok Tha一度著名的稻谷遺物(Solheim, 1972) 並不早於西元4,000年前，且可能屬野生稻(Chang,1976a)。如此，稻之栽培在中國及印度並不比近

東(Near East)的六元體小麥(約西元前5,800年)(Renfrew, 1969)為晚。

6.5.2 傳播途徑

亞洲栽培種(主為印度型)由印度至中東，而北非，終至歐洲的稍後散播，可能早至西元前1,000年即已開始。另一途徑是從印度至馬達加西加(Madagascar)及東非。許多爪哇型種原則由印尼至馬達加西加。西非則由歐洲或間接得自南亞。南美的稻品種基本是上來自歐洲南方國家所栽培者。而美國之稻種則來自馬達加西加、南亞及東亞。目前不同國家的稻栽培涵蓋之北-南分佈為由北緯53^{0}中蘇邊界之漠河至南緯40^{0}的阿根庭(Lu and Chang, 1980)。

6.6 稻作栽培制度之演變

稻穀首被居住在潮溼熱帶近河流入海口處，叢林茂密山麓排水不良地區的史前人類所採集與食用，此等人類也從事打獵、捕魚及採集其它可食用植物部份充當食物。最初，他們食用所採集的稻米衹充當補充食品。不久，他們賞識這種易於煮備的美味穀物，並開始尋找能孕育大稻穗與重穀粒的稻株，這種選揀加速栽培種之演化。此種收集-選擇的過程對住在雨量、或溫度、或兩者兼具季節性(Hawkes, 1970; Whyte, 1972)、或乾季時水塘枯乾，有顯著季節變異地區的人類是尤為重要。

稻栽培起源於人們、或(更可能是)婦女在他們住家附近低窪地上散落稻種，並去除雜草與排斥家畜與其它動物活動，並可能在管理水資源時而開始。當人們發現稻株在靠近居留地肥沃土壤能得高產時，稻的栽培地點遂漸漸被移往更接臨住處附近(Hawkes, 1969)。

在東南亞丘陵地區或季節乾-濕交替不甚顯著地區，稻可能是次要作物，或為如芋及山藥(yam) 等根莖作物之配合(並植)作物，這種狀況存在東南亞諸多地區，直到晚近，導致了一個假說：人類瞭解培植無性繁殖植物早於種植種子植物，及稻是芋頭園中的一種雜草(Haudricount and Hedin, 1943, 引自Sauer, 1952)。唯，山藥屬晚近馴化者(約西元前2,000年)(Alexander and Coursey, 1969)並不支持此種假說，此外，東南亞的陸稻具有比水稻更進步之生長特性(Chang, 1976c)。

當早期稻的栽植者遷徙時，他們隨身攜帶稻穀並將它種植在他們新的住處，這些熱帶種原被引種進入不同生態植區，對長途遷移的人們而言，稻穀除充饑外亦可供商用或作禮物。再加上緊接而來的人類汰選，使它們在亞熱帶生態歧異性快速增加

(Chang, 1976b)，並產生出早熟且避旱之變種(variants)(Whyte, 1972)。

在中國北方，龍山文化時期農民的旱稻田(約介西元前3,200年至2,500年間)是稀疏地散佈在河南與陝西等省黃河小支流延河灣處少受深水為害的沼澤地區，而該處小米是主要作物(Ho, 1969)。這些地區一般介於小溪與叢林茂密小山之間，看天稻田的總面積很少，當時中國北部的氣象較現今潮濕(Chang, 1968)，作物以黍粟為主。

在水田種稻方法的先後次序是由撒播，而穴植，至移植。稻田的利用則是從輪換土地栽培，而定居耕作，終至築永久式田埂栽培，亦即：初為看天田，後而灌溉水田(Hanks, 1972; Chang, 1983a)。以泰國Ban Chan地區為例，已將這種在最近百年內發展過程加以追蹤描述，Hanks(1972)也提供各型稻作栽培方式的有用整合、每型的能源需求、田區大小、人口密度及收支比等，甚有參考價值。

中國古代歷史與文獻在記錄農耕技術發展方面有出人意外的完整性，下述事件之發展與時期代表在中國稻作史的各重要轉捩點，就中，若干栽培技術改變更大，並影響臨近國家之稻作栽培：(1)自西元前1,500-1,000年起，水牛已被用來作為牽引役用動物；(2)看天田水稻栽培在西元前1,221年已被完整建制；(3)鋤或鏟在西元前1,122年時已被使用；(4)洪水調控在西元前700年時已被運用；(5)灌溉調控在西元前600-500年時已被運用；(6)自西元前400年起，鐵製耕犁、鋤、鐮刀已被使用；(7)在西元前400年「稻人」(rice men)被認命以督導稻作之栽培操作；(8)在公元前已有深耕(deep plowing)與中耕 (mid-season cultivation)；(9)在西元146-167年間，移植首次被論及；(10)腳踏水車在西元618-906年間被使用及(11)自西元960-1,127年間，釘齒耙(spiked-tooth harrow)與滾軸壓土器(roller compactor)(王禎農書中有輥軸，為水田除草器之一，譯者註)已被使用。

移植操作代表稻作栽培技術重大的進步並增進生產力。將稻秧由秧田移植至本田有如下之利點：(1)在秧田及本田均得較好的雜草控制；(2)春天水匱乏時較有效率的利用水資源；(3)農田更可密集經營，增加成熟的一致與產量；及(4)對稻作及其它作物有較完善、充份的土地利用。釘齒耙可使水稻田的土壤細軟，適合插秧，後來它廣泛被東南亞稻農所採用(Chang, 1976b)。

6.7 稻作種原之保育

6.7.1 歷史進展

在遺傳資源大量流失之前，在亞洲*O. sativa*有超過100,000個栽培品種存在

(Chang, 1984a)。自西元1950年代早期，多數亞洲國家已開始保育它們的未改良及已改良等的商用品種，諸多著名的他國引入種原亦被列為在各國國家收集品(IRRI-IBPGR, 1978, 1983; Chang, 1972b)。彼時種原保育所函蓋偏遠區域地方品種之數量極少，被保育野生種原更是少有(Chang, 1972b)。

在聯合國糧農組織國際稻作委員會(IRC of FAO)規畫下，針對稻三地理型種原建立三個區域收集中心的構想在1950年代被試行：印度型在印度的中央稻作研究所(Central Rice Research Institute, CRRI, Cuttack)；爪哇型在印尼的前中央農業研究所 (Central Research Institute for Agriculture, Bogor)；及日本型在日本的前國立農業科學研究所(National Institute for Agriculture Sciences, Hiratsuka)。另，深水稻種原則被保存在孟加拉共和國的前稻作研究所 (Bangladesh Rice Research Institute,現孟加拉稻作研究所, BRRI, Dacca)。此深水稻種原總計有1,344個種原，但因冷藏設施欠缺，在熱帶的三個中心不能適當維持種子活力而失效(Parthasarathy, 1972)。

在1962年初，國際稻米研究所(IRRI)開始運作，它的研究活動，已進行全球稻種原蒐存、評估與交換的角色(Chang, 1972a)。經由許多參與國家、區域與國際中心的合作及來自人類學者、傳教士及義工的幫助，並獲得各種原中心的早期收集種原備份及以後收集的兩栽培稻種與野生種的材料，聚成一相當完備的收集中心(Chang, 1980)。

自1971年起，亞洲14個國家與七個非洲國家合辦田間收集的一個合作計畫，已使世界稻基因團增添43,000份亞洲種及三千份非洲種(Chang, 1983b; Ng et al., 1983)。IRRI並著力野生種的收集，搜到千餘樣本。

IRRI在領導與協調這空前巨大田間運作是扮演推動與分工的角色(Chang, 1984a)，這廣泛艱巨的徵集人工，不僅使得稻種原避免有人預測的流失(Anon, 1969; Frankel, 1970; Browning, 1972; Harlan, 1972a; Wilkes and Wilkes, 1972)，而且大量增添豐富的資源，使稻作有進一步改良的可用種原。最近，已回饋二萬份所保存種原至原捐出國家，而這些栽培種或野生型在當地(或種原庫)已不再被栽植或不再保有生命狀態 (Chang et al., 1982a; IRRI., 1982)。

約6,630份阿薩姆稻收集品(Assam Rice Collection, ARC) 已於1960年代在美援PL-480計畫下從印度東北被收集，當這些材料在印度(Sharma et al., 1971)與IRRI(IRRI, 1976-79, 1981) 被栽培與檢定時，發現有許多種原具有抗病或抗蟲性。由各國稻作工作人員與IRRI人員組成之團隊在田間調查偏遠且常發生逆境區域時，在該

地區工作人員或栽培者宣告具有一種或多種病蟲抗性或逆境忍受性之材料中已鑑定出超過8,000個樣品(Chang, 1980; IRRI., 1981) 。但，這些被篩檢出種原之農藝性狀大概都差，在它們表現型可被接受前須經進一串的長遠育種與改良(增新)。其間印度機構自身乏力與設備保存它們的珍品，近年由IRRI保存品內歸還原贈者。

6.7.2 主要稻原收集儲藏之近況

IRRI國際稻種原中心(IRGC)的稻種原收集是集其他收集中心存件之大成，截至1990年代初，總收集量含亞洲栽培種及育成品系共76,000種、非洲種1,327種、野生種1,570種及遺傳因子鑑別品系690種。IRGC有短、中、長期儲藏室，後兩類儲藏室各可保存130,000份材料。備份組是一部份被保存在美國科羅拉多州Fort Collins的美國國家種子儲藏研究中心(NSSL)。雖然，IRRI、美國農部(USDA)及日本國立農業生物資源研究所(National Institute of Agrobiological Resources, NIAR)已同意一個合作方案，以分擔暨分享保育全部種原之部份種原：印度型、爪哇型及野生種由IRRI保存；東亞之中國型由NIAR保存；美國、南美、及地中海之栽培種由USDA保存。這三個機構比較彼此之收集種原以減少重複並確保每一種原被分別保存在兩個地方(Chang, 1983b)，但此協議尚未實現，IRRI仍擔任保存全套重責。

稻種原在各主要國家與區域中心的保存概況示於表6.3。各中心有效的保存條件、保存於每一國家或區域中心的備份樣品數亦有記載，在表中提及的各中心中，僅IITA及在它們收集種原中包含非洲稻與非洲野生種。

IITA已被任命為收集非洲栽培種(*O. glaberrima*)與其野生種的種原中心。

表6.3 主要種原貯藏中心水稻貯藏量估計及貯藏條件[1]

國家(地區)中心	在國家(地區)中心的樣品數目		在 IRGC 的重複樣品數	貯藏條件[2]
	合計	本地的		
孟加拉	---	5,285	5,285	MT
緬甸	---	2,080	1,724	MT
中陸大陸	40,000[3]	33,000	3,767	ST, MT, LT
中華民國	6,520[3]	1,662	1,185	MT, LT
印度	35,000[5]	33,000	14,585	ST, LT[4]
印尼	7,500	---	7,840	MT
日本	42,455[6]	16,200＋	978	MT, LT
高棉	---	---	906	---
南韓	4,227	1,027	1,023	LT
寮國	---	---	1,431	---
賴比瑞亞	409	---	1,159	MT
馬來西亞	4,550	3,130	2,395	MT
馬達加斯加	2,000	2,000	218	ST
尼泊爾	780	---	1,247	ST
巴基斯坦	1,224	1,404	936	MT
菲律賓	---	1,187	3,954	ST
斯里蘭卡	2,745	2,745	2,069	MT
泰國	6,000	---	2,906	MT, LT
美國	18,065[7]	92	4,511	MT, LT
蘇聯	3,514	---	372	LT, MT
越南	---	---	1,634	---
IITA	7,633	n/a	1,024	MT
IRAT	3,842	n/a	1,577	MT

1 資料來源：IRRI-IBPGR, 1978, 1983, Toll等人, 1980; RF, 1980; Kawakami and Fujii, 1981; 主要是 *O. sativa*品種，但統計數字恐已有變化，並且各國貯藏種子發芽力參差不一，大半不良。

2 ST=短期，MT=中期，LT=長期。

3 包括許多重複；收集材料散佈在十幾個研究單位。

4 長期庫尚未使用。

5 包括許多重複；收集品散佈在70多個單位，15,000份收集品在CRRI，3,464份收集品在IARI。

6 包括許多重複；收集品散佈在一個國家中心(NIAR)、30多個國家和試驗場所、12所大學和遺傳研究所，在NIAR的貯藏材料有18,000份。

7 包括IRRI的貯藏材料，5,000份材料貯藏在USDA的中期庫(位於Aberdeen, Idaho)做為工作材料屬MT設備。

6.8 種原之評估與利用

以下為已保育稻作種原評估與利用之概要敘述，詳細可參考Chang et al., (1975a, 1992a)、Khush(1977a)、Chang(1982, 1984a, 1994c)、IRRI(1991)等論著。

6.8.1 交換與評估

在世界主要作物中，稻種原在交換與全球性的合作檢定方面被視為最富活力及最積極者，國際與研究機構間的合作計畫開始於1950年代FAO國際稻作委員會(IRC)設立的工作組會議時。在1962年，這協調合作角色轉交給IRRI，而在1975年，當國際稻種原檢定計畫(IRTP)在聯合國開發計畫(UNDP)支助下於IRRI成立及展開時，本稻種原合作計畫受到新的支援。在IRRI舉行的每年度國際稻作研究會議與其它討論會及研討會，提供稻作研究人員在諸多稻作研究領域，彼此討論與開展合作計畫的管道(IRRI, 1980A)。主要的動力還是來自IRRI的遺傳質評估與利用(GEU)架構。

在1950年代初期，國際稻作委員會(IRC)在印度型-日本型雜交計畫項下推動在該親本與其F_1種子的國際交換，但成績並不理想(Parthasarathy, 1972)。在IRRI種原庫於1960年代中期提供對國家與州立中心服務後不久，IRRI的種原庫成為極活躍的國際交換中心，並提供各該種原的技術資訊，它的成功可歸之它能克服各該種原交換中心間種原交換的政治障礙。在1962年至1970年間，IRRI的種原中心(IRGC)迅速處理26,250份種原以回應702個需求(Chang, 1972a)，截至1983年，IRRI的種原中心已提供世界數以千計稻作學者栽培種與野生種95,000份以上的種子樣品。回應次數超過3,000次以上之需求，亦可顯示不同國家稻作研究者各特殊目標試驗之增加與種原的重要，種原中心在過去十年內共提供IRRI研究人員約350,000份種子（平均每年約30,000份種子）至1990年代共供應750,000份種子。同時，統計值表示在IRRI遺傳質評估與利用計畫(GEU)項下諸研究工作之廣大範圍(Brady, 1975)。在1980年代中期以後，由於生物技術工作的躍增索取不平凡及野生種原亦有幾倍的增加，使種原中心的工作更加沉重，但尚能對付。

不同國家稻種原中心交換的範圍並無資料可詢，而在主要稻米生產國中，日本與美國有較大之種原交換，但數量不及IRRI十分之一。

6.8.2 經評估發現之有用基因

在IRRI的GEU計畫項下，在各國家計畫中稻作科學家的合作下，許多有用基因或

細胞質等資源已經在早期及IRTP篩檢圃被鑑定出並被利用(Chang et al., 1982a; 張, 1997)。

這些著名並有成果或潛值者的資源簡述於下：

1. 半矮性基因：低腳烏尖(Deo-geo-woo-gen) 來自中華民國臺灣（台灣在1949年用此種原雜交育成臺中在來1號，低腳烏尖與臺中在來一號兩者在1962年被IRRI引入使用育成IR-8等品種，台中在來一號並先在印度有大規模推廣，後次於IR-8）；矮腳南特(Ai-jiao-nan-te)與矮仔占(Ai-zai-zhen)則來自中國大陸廣東(在1956至1958年間被鑑定與雜交），育成許多豐產早熟的半矮生品種，對大陸稻米生產有極大貢獻，以上矮生品種同有sd_1基因。
2. 早熟：諸多資源獲自孟加拉、中國、印度及其他國家。
3. 氮肥反應（部份以倒伏抵抗性表示）：中國半矮性基因(sd_1)、臺灣蓬萊(稉)品種及美國品種。
4. 熱帶群白葉枯病抵抗性：主要來自孟加拉、印度及印尼。
5. 五、Tungro病毒抗性：主要來自孟加拉共和國、印度及泰國，*O. officianlis.*
6. 草狀矮化病毒抗性：來自印度Uttar Pradesh州收集的*O. nivara*之一個品系，已予利用，但近年因病毒有新小種而失效。
7. 皺縮矮化病毒抗性：來自若干亞洲二元體野生稻，印度與斯里蘭卡品種。
8. 黑尾浮塵子抵抗性：來自許多熱帶*O. sativa*品種與若干*O. glaberrima*品系；*O. nivara*材料。
9. 褐飛蝨抵抗性：主要來自南印度與斯里蘭卡品種與野生種。
10. 二化螟蟲抵抗性：來自印度、臺灣及孟加拉。
11. gall midge抵抗性：來自印度及泰國。
12. 低夜溫忍受性：來自印尼、尼泊爾、中國及日本；也有來自東南亞及南美陸稻品種。
13. 鹽份忍受性：來自斯里蘭卡與印度，野生親屬*Porteresia coarctata*。
14. 深水與淹水忍受性：來自孟加拉共與印度、泰國、斯里蘭卡。
15. 細胞質雄不稔：中國野生稻(野敗,WA)。

6.8.3 稻種原在改良上之利用

使用國外引入種原之成功案例已有Chang (1967, 1979a, 1980, 1982, 1983b, 1984b)、Chandler (1968)、Huang et al. (1972)、Beachell et al. (1972)、Khush (1977a, 1977b, 1980) 、Dalrymple(1978)、Chang et al. (1982a)及Herdt and

Capule (1983)等加以引證。而「綠色革命」一詞即被用來標明與半矮性小麥與稻有關之被投入農業科技(Chang, 1979a)。

來自稻種原有用基因對稻作增產的重大貢獻可摘述如下：

1. 在中國有超過90%的稻面積或為高產品種的雙期稻作(至少有一期作為半矮性品種)，或栽植雜交水稻(已近二千萬公頃)。雜交稻亦因IR品系的基因參入，在生長勢與抗病蟲性上都受惠受鉅。
2. 十一個亞洲國家(孟加拉、緬甸、印度、印尼、韓國、馬來西亞、尼泊爾、巴基斯坦、斯里蘭卡及泰國) 約50%以上稻作面積（約3千5百萬公頃）種植半矮性品種 (Herdt and Capule, 1983)，由IRRI育成的這些高產半矮性品種(HYVs)大多也具有多種病蟲害抵抗性(Khush, 1980)。
3. 在1965年至1980年間，八個亞洲國家(孟加拉、緬甸、中國、印度、印尼、菲律賓、斯里蘭卡及泰國) 的稻米產量增加65%，約合稻穀117.4百萬公噸，約值19.4億美元。其中，改良品種的貢獻約增產27.4百萬公噸，合4.5億美元。這些估計尚未計來自韓國、尼泊爾、巴基斯坦及越南的資料，這些地區HYVs已被深刻體認，但尚未被全面接受(Herdt and Capule, 1983)。在以後十年間亞洲稻作產量又增加130百萬公頃(Chang,1992)。在1996年全球稻谷產量約為5.4億公噸，已超越小麥。

由此或可總結說，每年以1.25百萬美元開支稻種原保育的世界性年所獲至的前述這些回收，代表這是一個最有利潤可圖的科技投資(Chang, 1984a; 張, 1997)。

6.8.4 其他可能用途

除了增產貢獻外，稻作種原之豐富變異已提供稻科學家無以倫比暨空前的機會，經由各領域間的合作去擴增他們的研究範疇。而由一些在稻株與紛歧生態系統(物質與生命)有關組成成份等方面開創性的研究所獲至的回饋，是無法以金錢來衡量的。

不平凡種原已在下述研究領域獲得若干問題端倪、有用新發現與有效之應用：

1. 環境對株型、氮素營養、生長與產量等效應(Tanaka et al., 1964, 1966; Tsunoda, 1965; Beachell and Jennings, 1965; Yoshida et al., 1972)。
2. 株型與品種適應性之生態遺傳學(Chang, 1967; Chang et al., 1969; Chang and Tagumpay, 1970; Chang and Vergara, 1972; Chang and Oka, 1976; Chang and Li, 1980, 1991)。
3. 不同肥料要素異常與其它不利土壤因素的品種反應(Tanaka and Yoshida, 1970;

Ponnamperuma, 1977b)。

4. 主要蟲害生物小種的品種反應(Pathak, 1977)；抗褐飛蝨的多種機制(見IRRI, 1970年代年報)
5. 毒素病與帶原昆蟲間關係之闡明(Ling, 1972)。
6. 稻熱病原真菌與稻品種間基因對基因之作用(Kiyosawa, 1976)。
7. 褐飛蝨抗性由熱帶品種轉移至日本品種(Kaneda and Ikeda, 1983)。
8. 生育各期低溫忍受性 (Nishiyama, 1976; Vergara et al., 1976; Satake and Toriyama, 1979)。
9. 乾旱忍受性(O'Toole and Chang, 1979; IRRI, 1982c)及稻根的遺傳研究(Armenta-Soto et al., 1982; Chang et al., 1988, 1991; Loresto and Chang, 1994等)。
10. 水過量逆境(Vergara and Dikshit, 1982)。
11. 氮的生物固定(Roger and Kulasooriya, 1980; Watanabe and Brotonegoro, 1981; Venkataraman and Watanabe, 1982)。

由若干關於品種開發與土壤肥力的案例得知識運用有用資訊於稻作生產技術的經濟潛能，反之，其它關於生態系統管理者，將於未來二十年間，為應付即將變厲的全球氣候變化在糧食需求上影響而被重視(IRRI, 1982a; Swamnnathan, 1983a, Chang, 1993a)。

6.9 由作物演化、分佈地理及沿革所獲教訓

由稻作起源及生態遺傳歧異度過程所獲得的教訓是什麼？下述是可以中肯的：

1. 一個廣泛多領域題目的研究與分析應集合不同學科的新知識，才可較單一學門的一斑方法獲得更客觀與平衡的論點。最近在地球科學、考古學、人文學及生物學的發現各節已大大增廣我們的見識，並讓吾人對這複雜事物有一個新的理解。
2. 如Issacc(1970)及Harlan(1971)所評論，瓦維洛夫(Vavilov)的起源中心並不一定是馴化溫床；同樣地，被發現野生種有最高量歧異性的地區，未必與各該作物農業起源地理區內品種歧異的豐富量相吻合(Zohary, 1970; Whyte, 1972)。
3. 由於植物散播、人類遷徙及植物偏向雜交(introgression) 等問題均超出吾人有限的知識，因之，對過往事件的推定，若僅僅依賴晚近變異中心的某種植物之樣品，作以推論可能有不當。
4. 稻如進入一個全新環境，明顯的現出大量新分化過程，可導致超越其野生祖先的寬

廣生態歧異性。陸稻就是一個典型的例子；陸稻、深水稻及耐冷稻概存有這種遺傳與環境共適應的複雜現像。

5. 一個新生態地理型稻種的演化可能僅需幾千年(Chang, 1976b)，但人類的偏好也可能在8到9個世紀內將該地區之主要栽培品種穀型大為改變(Watabe et al., 1970)。
6. 史前時期人類之接觸，其所發生時期與所發生的數量，無疑地較歷史學家所推定的更早、更不及記載(Chang, 1983a)，因此不能全靠歷史記載為憑。
7. 稻作在亞洲的演進與人類的關係非常為密切，尤其在中國早年與近年少數民族的山區保留地有種種記錄與現象，可見人類文明史的發展與稻作的改進有同步邁進的關係，因水稻需要密集人工栽培，農業社會亦形成組合徵象，如聯合插秧、收割、脫谷與修理水利設施都需人群的合作，同時亦影響一地的日常生活習俗及宗教儀式，近年來歐美研究人文學者都以東南亞山地農村作為研究對象。
8. 具有對氣象、水文及土壤逆境高忍受性的地方品種有可能在各該逆境存在區域的生態區被發現，因此，具對病蟲害高抵抗性種原也經常在密集輪作區與少用農藥地區被發現。
9. 野生種原通常可在歷史文件記載它們早期曾存在的地區被發現(Chang, 1983a)，再採集可能有豐碩的成果。
10. 稻作的異常與豐富遺傳歧異度已被實質地保育，其因乃在：(a)稻的育種改良較遲開始；(b)稻的保育努力較綠色革命來得早；及(c)諸多特殊生態區仍需栽植特別的地方品種(Vaughan and Chang, 1980; Chang et al., 1982a)。自1970年代的廣泛收集的合作工作，已避除稻遺傳資源被澈底毀滅的可怕性預言，並同時激起大眾覺醒，結果是稻作的收集工作更勝過其他作物。
11. 遺傳質保育得以有限的資源來推進，只要工作者有興趣且有意願去努力(Chang, 1984)，從有用種原利用所獲之回饋是鉅大且空前的(Herdt and Capule, 1983; NRC, 1993)。
12. 尚需保存豐富遺傳歧異度之區域(如印度東北、北緬甸及中國西南等地)，是與存有最多量氣候-地形學-水文學-土壤學的變異及歧異性很早開始的各地區相符，這些地區則位在栽培種早期分化帶之內(Chang, 1976b)。
13. 富含不同稻種原生態系統的詳細敘明將有助於遺傳質保育工作。保育學家應如何來利用這些資訊呢? 回顧過去努力的軌跡，可用在籌畫實地探源、再收集、設計與加速評估試驗方面、提供保育資材在保存與利用狀態下有一個繼續演化的潛在機會等，將有至大幫助的作用。

6.10 尾語

自從新石器時代而來，稻米一直是東亞、東南亞與南亞的主食，近年來因單位面積產量的續增，稻米已佔全球糧食作物之首，同時亦是一原產亞洲的食物，我國確為亞洲栽培稻原產地之一，栽培的歷史已公認為最悠久者，然而因東方(亞洲)的科學文明來臨較慢，在稻作研究上亦晚於西方熟知的小麥與大麥，並因我國俗稱「神農教民植五穀」(近五千年的神奇傳說)，不足為憑，甚至有國人稱稻作是起源於中國時，受到英、印、俄等國學者的質疑，甚至譏諷，並且國內有無(及何)野生種一點因無英文報導(直至 1930 年代才有丁穎一簡文)，只見於古文字句，更乏實證，因此印度人士搶先爭取原生地之譽，日未人亦乘機而入，建創日本型亞種之說，其實亦乏完整的植物學命名規準；國內人士以中文發表的文章幾乎全被忽視，作者亦為此擾無自見至為可嘆。至 1970 年代河姆渡遺物出土，並有炭-14 證明年代，才有可信並驚人的實證，但浙江省的文章連英文摘要都無，沒有廣傳。到 1978 年在加州召開的 The Origins of Chinese Civilization 討論會上，國內外學者才認識這個大轉變：不但稻作在中國有七千年歷史，早於其他國家，並反映中原地帶不再是唯一的文化起源中心，應有二個或更多的中心，雖然其間亦有二千年記稻作從長江流域傳播及發展過程一段沒有闡明，我國的文化史已另開一章，並基於稻米，值得慶幸。相似的，從大洲岩板移轉學上指出稻屬後裔隨岩片而分佈四洲論說，亦是植物地理與演進學說中上的一大突破，使我們深感稻屬之悠久與早就分化的罕有現象，並瞭解其不可思議的過程與時代，足為其他作物的完善先例。在此發展上著者在公餘苦心搜羅文獻與作多方面的分析，成為一件有實效的回報，並讓本人能處身於考古、人文、語言、史前與歷史學家之間，供出這罕有的跨學科研究成果。其中並得到二個啟示：(1)在本門學科外去探求新智識才能打開新的窗門及，(2)用英文寫作與講說才能傳播新的資訊，茲以此勉種原同仁往往稱沒有文章可發表的出路及苦衷。

中國歷史及其他文書中對稻作的栽培技術、農具與調整有意想不到的詳細記載(見張 1979)，其中南魏時代的齊民要術尤為豐富，同時由各種文史及出土遺物指出我國古代文明與稻作栽作改進的密切關係，農村組織亦因此更有強固的社會組合，以上的發展與記載均為其他國家沒有的，亦可見學仕(文人)對農業的重視與農史的顯著地位。其他亞洲國家農史中則未見(Chang, 1989a)。

稻作的豐富種原大半藉 IRRI 與合作國家、機構及工作者的同心協力得以充份收集

與保育，使水稻的保育工作被全球崇為模範之譽，但 IRRI 在這龐大艱苦的任務中若無各國人士的慷慨分贈每一國家的自據寶藏是難以達到的，同時 IRRI 負起保育、繁殖、更新與分贈的重大工作，並給予無限心意的各種服務，不但回饋贈予者的善意，亦充份發揮了交換與利用效應，是一個「有受亦有給」的好例子，並且愈多愈善。

經 IRRI 與合作人員的評估與利用，稻作種原確實對人類有所貢獻，除了創導「綠色革命」的偉大成功，與支援以後的繼續發展，並刺激稻作的新研究與科學家間前所未見的合作態度，使 1980 年代成為稻作研究的黃金時代。種原工作的效果亦為全球公認，同時，稻作種原工作亦導致未充份發展國家(富有種原者)對種原保育及利用的覺醒與重視，紛紛創樹種原中心及保育制度，亦使作者為四政治體(大陸、美國、中華民國、印度)有設計與置備新穎種原庫的機會，與人同享得來不易的經驗，足可自慰。

作物保育工作人員的素質，一因乏學校授予，二乏教材，往往落於育種人員之後，或因工作環境低劣，無前途可言，亟需以不同方式與方法來補強，但可行性不高，並且人員培育費用甚昂貴，亦少教師人才，尚有待各界的重視與支援(見 Chang, 1994c)。

在全球不景氣時期，研究經費與人員均受削減，近年來 IRRI 尤受此苦，但貯藏在該所的一套種原已是亞洲稻作種原(除中、日、韓、台外)唯一的可萌芽種子，各贈予者亦應提醒 IRRI 主管及董事會對各國負擔過去的承諾與公認責任，使它有充份經費與人員來維持以往的盛舉。作者憶得在 1970 年代若干國家人員在承諾分贈種原時直問「你是否肯負責並全力保育的任務？」，事到今日這句實言更值得銘記，因為種原是不能替代或重新製合成的生物珍藏。同時值得注意者為若有高效設備及良好管理保育的費用甚低，例如 IRRI 在長期貯藏上所花電費每年每份種子不超過美金一元。

最近十年許多農業科學人員在生物技術熱潮之下，紛紛轉入時髦、少費力、易寫文章的行列，同時育種、病理、昆蟲、生理、生化、土肥與種原等科門都乏人問津，長此以來，下一代將缺少上述學科專才，而真正能增加糧食的生力軍，未來的農業仍得依賴所謂傳統性的工作。一般估計：至 2030 年全球人口將增加一倍，稻米應增加一倍以上，在這短短的三十四年中如何能維持現有生產力並年增 3%？是吾們面臨的大難題。種原仍將是一個主柱，但沒有評估與增新工作，育種人員亦缺乏日常必需材料與新資訊。至祈大家勿小視同步並進及合作的重要性，同時(如前已述)科學人員亦應重視專利權的衝擊，非政府(NGO)人員與農民的參予，才能餵養這批更飢餓的低收入人口(張，1997)。

以往稻米的增產鼓勵人口的增加，有滾「雪球」作用，以後應重視人口的控制，與在保護環境及節省天然資源下自求多福，人類在歷史中多次能在自行操縱差誤方向

後維持正當的長期航程，然人口問題不是我們有經驗的題材，祈大家善為思之並作準備。

附錄一、機構單位名稱縮寫表

AVRDC：亞洲蔬菜研究發展中心（台灣，善化）

CATIE：熱帶農藝研究培訓中心（哥斯達黎加）

CGIAR：國際農業研究顧問團（美國，華盛頓）

CIAT：國際熱帶農業研究中心（哥倫比亞，凱里）

CIMMYT：國際玉米小麥改良中心（墨西哥）

CIP：國際馬鈴薯中心（祕魯，利馬）

EUCARPIA：歐洲植物育種研究協會

FAO：聯合國糧農組織（義大利，羅馬）

GEU：昔國際稻米研究所遺傳資源評估利用計畫

IBP：國際生物學計畫

IBPGR：國際植物遺傳資源委員會（義大利，羅馬，現名為 IPGRI (國際植物遺傳資源所)

ICARDA：國際乾旱地區農業研究中心（敘利亞，阿勒坡）

ICRISAT：國際半乾旱熱帶地區作物研究所（印度）

IITA：國際熱帶農業研究所（奈及利亞，伊巴丹）

IRAT：昔熱帶農業作物改良及栽培研究所（法國，巴黎）

IRGC：國際稻米研究所國際水稻資源中心（菲律賓，洛斯巴諾斯，現名為 GRC)

IRRI：國際稻米研究所（菲律賓，洛斯巴諾斯）

IRRN：國際水稻研究所出版的國際水稻研究簡訊（Newsletter,現為 Notes）

IRTP：昔國際稻米研究所協調的國際水稻測驗計劃（現名 INGER）

IUCN：國際自然和自然資源保護聯合會（瑞士，格蘭德）

NAS：美國國家科學院（美國，華盛頓，下有國家科學諮詢委員會 National Research Council, NRC）

NIAR：國立農業生物資源研究所（日本，筑波）

NIAS：原國立農業科學研究所（現在的 NIAR 與 NIES 前身）

NPGS：美國國家植物種原資源系統

NSSL：美國種子貯藏實驗室（美國，科羅拉多州，柯林斯）

ORSTOM：法國海外科學技術研究局（法國，巴黎）

PCARR：原菲律賓農業資源研究委員會（現菲律賓農業資源研究開發委員會）

RF：洛克斐勒基金會（美國，紐約）

TAC：國際農業研究顧問團（設在 CGIAR 下）技術諮詢小組（義大利，羅馬）

UNDP：聯合國開發總署（美國，紐約）

UNEP：聯合國自然環境保護組織（肯亞，奈洛比）

USAID：美國國際發展署（美國，華盛頓）

USDA：美國農業部（美國，華盛頓）

WWF：世界野生資源基金（瑞士，格蘭德）

附錄二、本書常見植物學名對照表

英文名	學　　名	中文名
Adzuki bean	*Phasecolus angularis* L.	紅豆
Alfalfa	*Medicago sativa* L.	苜蓿
Banana	*Musa* spp.	香蕉
Barley	*Hordeum vulgare* L.	大麥
Beans	*Phaseolus* spp.	菜豆
Broadbean	*Vicia faba* L.	蠶豆
Cabbage, Chinese	*Brassica chinensis* L.	白菜
Cabbage, head	*Brassica oleracea* L.	甘藍
Cacao	*Theobroma cacao* L.	可可
Cassava	*Manihot esculenta* Crantz	樹薯
Chickpea	*Cicer arietinum* L.	鷹嘴豆
Coconut	*Cocos nucifera* L.	椰子
Coffee	*Coffea arabica* L. and *C. canephora* Pierre ex Froehner	咖啡
Corn(maize)	*Zea mays* L.	玉米
Cotton	*Gossypium* spp.	棉花
Cowpea	*Vigna unguiculata* (L.) Walpers	豇豆
Gram, black	*Vigna mungo* L. (*Phaseolus mungo* L.)	黑吉豆
Jute	*Corchorus capsularis* L. and C. *olitorius* L.	黃麻
Lentil	*Lens culinaris* Medikus(*Lens sculenta* Moench)	小扁豆
Lupine	*Lupinus* spp.	羽扇豆
Millet, finger	*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.	龍爪稷
Millet, foxtail	*Setaria italica* (L.) Beauv.	粟
Millet, pearl	*Pennisetum typhoides* (Burm. f. Stapf et Hubbard)	珍珠粟
Mung bean(green gram)	*Vigna radiata* L. (*Phaseolus aureus*	綠豆

英文名	學　　名	中文名
	Roxb., *Vigna aureus* (Roxb.) Heppe)	
Oat, common	*Avena sativa* L.	普通燕麥
Oat, red	*Avena byzantina* Koch	紅燕麥
Peanut(groundnut)	*Arachis hypogaea* L.	落花生
Potato, common	*Solanum tuberosum* L.	馬鈴薯
Quinine	*Cinchona* spp.	奎寧
Rape, oilseed	*Brassica napus* L.	油菜籽
Rice, Asian(common)	*Oryza sativa* L.	亞洲水稻
Rice, African	*Oryza glaberrima* Steud.	非洲水稻
Rye	*Secale cereale* L.	黑麥
Ryegrass	*Lolium* spp.	黑麥草
Safflower	*Carthamus tinctorius* L.	紅花
Sorghum	*Sorghum bicolor* (L.) Moench	高粱
Soybean	*Glycine max*	大豆
Strawberry	*Fragaria* spp.	草莓
Sugarcane	*Saccaharum officinarum* L.	甘蔗
Sweet potato	*Ipomoea batatas* (L.) Lam.	甘藷
Tea	*Camellia sinensis* (L.) Kuntze	茶
Tomato	*Lycopersicon esculentum* Mill.	番茄
Triticale	*Triticosecale* spp.	小黑麥
Wheat, emmer	*Triticum turgidum* L. var. *dicoccum*(*T. dicoccum* Schrank)	栽培二粒小麥
Wheat, durum	*Triticum turgidum* L. var *durum* (*T. durum* Desf.)	硬粒小麥
Wheat, timopheevii	*Triticum timopheevii* Zhukowski	提莫菲雅小麥
Wheat, bread	*Triticum aestivum* var. *aestivum*, var. *compactum* and var. *sphaerococcum*	普通小麥和圓錐小麥
Yam	*Dioscorea* spp.	山藥

附錄三：作物保育工作上常用科學名辭中英對照表

accession 一份收藏品－A variety or a strain or a bulk population registered at the genetic resources center for conservation. Two or more morphologically or ecologically different accessions may have the same name.

active collection 常用材料－A subset of the comprehensive (base) collection that is actively used for research, evaluation, and breeding, often regenerated according to need.

adaptability 適應性－The ability to adapt to different environments by modifications in physiological responses.

adaptation 適應過程 －The process of becoming adapted to new or different environmental conditions or for particular functions.

adaptiveness 適應程度－Degree of being adapted to a certain environment or environments.

alleles 等位基因－One of two (or more) alternate forms of a gene located at a certain position (locus) on a particular chromosome or linkage group. When the number of alternate members exceeds two, the alleles form a multiple allelic series.

allelism 等位性－The relationship between alleles in different parents. When the alleles of two parents belong to the same gene (locus), they are allelic; otherwise, non-allelic.

allozymes 等位同功異構酵素－A subset of isozymes that are allelic variants of the same isozyme locus.

base collection 全套材料－A comprehensive collection preserved by long-term storage.

biodiversity 生物歧異－the diversity of biotic components in an ecosystem.

biological species 生物(態)種－a group of populations that potentially share a gene-pool and are reproductively isolated from other such groups in nature.

biotic environment 生態環境－The insect pests, plant pathogens, weeds, other

crop plants, small animals and microbes in the habitat comprise the biotic phase of environment.

bulk 混合群體－The growing and maintenance of genetically different plants in a population without separating them into pure lines or applying selection efforts.

chromosome 染色體－Self-duplicating units of genetic material which are species-specific in number and complexity as physical carriers of the genes.

clone 營養繁殖系－A vegetatively propagated strain that produces identical progenies.

collection 收集品，收集樣本－An assemblage of collected samples; a collected sample.

conservation 保育－The planned management of a natural resource to deter or prevent overexploitation, irreversible destruction, or neglect. Conservation should allow further evolutionary changes.

core collection 核心材料－A subset of a base collection sampled in such a manner so as to represent the larger collection.

cryopreservation 超低溫保存－Preservation in liquid nitrogen.

cultigen 栽培作物－A cultivated crop species.

cultivar 栽培品種－A cultivated variety; the international term for variety.

data base 資料庫－A collection of related data files.

descriptors 性狀描述－Morphological and other traits to be recorded.

descriptor-states 性狀值－Coded or actual values taken on a trait.

duplicate samples 重複樣本－Collected samples from different sources which belong to the same variety as indicated by name, site of collection or origin, and morpho-agronomic characters.

eco-strains 生態品系－Strains within a variety that have developed physiological differences in response to repeated planting and selection in other environments.

ecosystem 生態系統－A functional system including organisms of a natural community together with their environment.

elite germ plasm 選育種原－Breeding stocks including cultivars of hybrid origin, breeding lines, hybrids of single or multiple crosses, bulk populations, and composite populations.

***ex situ* conservation** 異地保存－Conservation outside the natural habitat.

exotic germplasm 不平凡種原－Landraces, special types and wild species.

gene 基因－The genetic unit controlling the inheritance of a character (trait). a character may be governed by one several genes.

genebank 基因庫－In a narrow sense, the preservation portion of a genetic resources center; often used exchangeably with the latter.

gene-pool 基因圍－Total genetic information possessed by the reproductive members of a sexually reproducing population. Gene-pools are classified into primary, secondary and tertiary.

gene-pools 可用基因圍－Desired genes or gene-complexes in genetically diverse populations.

genetic base 遺傳基層－The amount of genetic variousness available to the breeder or farmer among widely grown cultivars in relation to the total variousness in a crop species.

cultivars with a broad genetic base can adapt more readily to changing environments or selection efforts than can a narrowly based one.

genetic composition 遺傳組成－The constitution and proportion of genetically different individuals in a population.

genetic diversity 遺傳差異性－Existing condition of being genetically different.

genetic drift 遺傳漂流－An evolutionary process or man-directed act that changes the allelic frequencies within a population due to random variations in births or deaths, or due to unintended selection. Genetic drift is more serious in small populations or their samples.

genetic erosion 遺傳質流失－Disappearance of individual geneotypes from farmers fields, natural environments or genebanks.

genetic information 遺傳訊息—Heritable information contained in a particular sequence of nucleotides in a DNA or RNA molecule.

genetic integrity 遺傳組織保全—Maintaining the original genetic compositions of a population.

genetic potential 遺傳潛力—The likelihood that the genetic material (improved or primitive) is capable of producing may new genotypic combinations from stored variousness by hybridization and subsequent segregation, recombination, and selection under varying forces.

genetic resources 遺傳資源—Germplasm that includes the entire array of cultivars in the crop species, related wild species in the genus, and hybrids between the wild and cultivated species.

genetic resources center 遺傳資源中心—An institution concerned with the overall conservation of a crop or crops.

genetic stock 遺傳材料—A variety or strain known to carry one or more specific traits, though the genetic mechanism of such characteristics may not be so clearly understood as that of a genetic tester.

genetic tester 遺傳分析材料—A pure line or hybrid known to carry one or more genes that distinctly express themselves in morphological or physiological features. The mode of inheritance of such traits is known by prior genetic experiments.

genetic variability 遺傳變異性—The ability to differ genetically.

genetic variation 遺傳變異—The genetic process of varying.

genetic variousness 遺傳異樣度—Diversity among individuals within a species or a smaller subdivision of the species due to differences in genetic constitution (genotype).

genetic vulnerability 遺傳脆弱性—A condition in which major cultivars may suffer serious losses on account of their genetic uniformity and widespread adoption.

genome 染色體組—Basic chromosome set of a diploid species.

genotype 基因型—The genetic constitution or make-up of an individual

organism; a group of individuals having a common or specified genetic make-up.

germplasm 種原－The sum total of genetic material in a species and its close relatives; genetic information carried by the material. syn.: genetic resources.

heritability 遺傳率－Proportion of the total phenotypic variance that is genetic for a given trait.

heterogeneous 具異質基因的－Having different genotypes in a population. a heterogeneous population can have both homozygous and heterozygous individuals.

heterozygous 異質結合－Hybrid for the different alleles of a gene or genes.

homogeneous 具同質基因的－Uniform in appearance and similar in genetic composition due to descent from a common ancestor.

homozygous 同質結合－Having one type of allele in both chromosomes for a given gene or genes.

***in situ* conservation** 原產地保存－Conservation carried out in the natural environment of the original habitat.

isozymes 同功異構酵素－Different, but functionally similar forms of an enzyme, which can be determined by one or more loci. While isozymes of a given enzyme catalyze the same reaction, they differ in properties such as pH or optimal substrate concentration.

line 品系－A strain; a family derived from one plant.

landrace 地方品種－A primitive, unimproved and often heterogeneous population of crop plants found in traditional agricultural systems resulting from long years of selection by farmers.

locus(plural: loci)基因座－The position that a gene occupies on a chromosome.

off-types 雜型－Plants that differ in morpho-agronomic characters from the majority or representative plants of a variety; admixtures in a field; obvious contaminants such as tall plants in a semidwarf cultivar or vice versa.

oligogenic gene 強性基因－A major gene of good expressivity and high

heritability. mendelian analysis of discontinuous traits generally involves major genes.

orthodox seed 耐貯型種子－Seed adapted to cold-and-dry storage for a prolonged period.

passport data 基本資料－Information taken on a sample during field collecting. site, grower, ecogeographic features of site, special characteristics of cultivar, date and name of collectors are essential items.

PCR(polymerase chain reaction)聚合酵素連鎖反應－DNA polymerase is an enzyme that catalyzes the formation of DNA molecules from deoxyribonucleotides. PCR is an automated reaction for generation of large numbers of copies of any fragment of DNA, using polymerases. very small starting samples can be amplified using PCR.

phenotype 外表型－The appearance of an individual produced by the genotype in interaction with a given environment.

polygenes 微效基因－Numerous genes that contribute to the continuous variation in a quantitative trait, each having small and equal effect.

polymorphism 多型性－Simultaneous and regular occurrence in an essentially homogeneous population of two or more types of variants that are genetically related.

population 族群－A group of interbreeeding individuals(plants)within a species or a variety that are found at one site or field. Plants in the population may or may not be genetically alike.

primitive forms 原始材料－Plants having primitive features such as pigmented plant parts, long awns, lax panicles, extreme shattering, and procumbent and perennial growth habit.

pure line 純系－A line that has been made almost completely homozygous by repeated self-pollination and selection of a specific type (or by the removal of off-types).

recalcitrant(non-orthodox)seed.不耐乾貯型種子－Seed that cannot tolerate drying and can only be stored for a short period in a wet condition.

regeneration(rejuvenation) 更新－Further multiplication of germplasm

material after the earlier stock is exhausted or expired.

RFLP(restriction fragment length polymorphism) 限制片段多樣性－Variations within a species in the length of DNA fragments generated by a specific restriction endonuclease. RFLP markers are based on sequence changes in the recognition site of the endonuclease, i.e. from mutations that create or eliminate recognition sites for these enzymes. separation RFLP fragments is done by electrophoresis. RFLP's show co-dominant segregation, greater allelic variation that for morphological markers, are phenotype-neutral, and are free of epistatic interaction. RFLPs can be used to assess genetic diversity, identify cultivars and germplasm, aid introgression of genes, identify and combine desirable genes, and select against undesirable linked genes.

strain 選系－A group of plants within a variety that share common, recognizable features in morpho-agronomic characters, physiological differences, or reactions to specific disease pathogens or insect pests. a strain may include several lines with similar features.

sample 樣本－Individuals taken from a population to represent it.

variants 變異體－Related members of a population showing small but distinct genetic differences in one or two features.

varietal diversity 栽培品種間變異性－The extent of dissimilar varieties growing in an area.

variety 栽培品種間變異性－A group of cultivated plants within a species which is distinguished from another variety(group)by any characters(morphologic, physiological, biochemical, or other) of significance to agriculture and which, when reproduced, retains its distinguishing characteristics. a variety may be derived from several pure lines which have many common features and are reasonably uniform in appearance(but not necessarily genetically pure). syn.:cultivar.

weed races 雜草型－Complex hybrid swarms resulting from the repeated intercrossing among wild species, cultivated species and their hybrid progenies.

working collection 育種材料－A sizeable collection of evalutated accessions that are adequately stored, documented, and available for immediate use by the breeders; syn.: breeder's collection.

引用文献

Acheampong, E., N. M. Anishetty and J. T. Williams. 1984. A world survey of sorghum and millets germplasm. IBPGR. Rome, Italy.

Akazawa, T. 1983. An outline of Japanese prehistory. *In*: Recent Progress of Natural Sciences in Japan. V.8. Anthropology, pp.1-11. Science Council of Japan, Tokyo.

Alexander, D. E. 1975. The identification of high-quality protein variants and their use in crop plant improvement. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 223-230. Cambridge University Press, Cambridge.

Alexander, J. and D. G. Coursey. 1969. The origins of yam cultivation. *In*: P. J. Ucko and G. W. Dimbleby (eds.), The Domestication and Eploitation of Pants and Aimals, pp.323-329. Gerald Duckworth, London.

Allard, R. W. 1970. Population structure and sampling methods. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.), Genetic Resources in Plants—Their Exploration and Conservation, pp.97-107. Blackwell, Oxford and Edinburgh.

Anon. 1957. Jeypore Botanical Survey II. Central Rice Research Institute. Cuttack, India.

Anon. 1969. Genetic dangers in the Green Revolution. Ceres 2(5): 35-37.

Anon. 1971. U.S. Participation in the International Biological Program from July 1970-December 1971. Report No.5 of the U.S. National Committee for the IBP. National Academy of Sciences. Washington, D.C.

Anon. 1973. Recommended actions and policies for minimizing the genetic vulnerability of our major crops—a special report by an Ad Hoc Subcommittee of the Agricultural Resources Policy Advisory Committee. U.S. Department of Agriculture and National Association of State Universities and Land-Grant Colleges Cooperation.

Anon. 1977. The National Plant Germplasm System. Program Aid 1188. USDA/SEA. Washington, D.C.

Anon. 1979. Plant genetic resources—conservation and use. NPGRB/USDA. Washington, D.C.

Anon. 1983. Potato germplasm bank in the Nordic Gene Bank. Plant Genet. Resour. Newslett. 53:6-8.

Anon. 1984a. Conservation and utilization of exotic germplasm to improve varieties. Report of 1983 Plant Breeding Research Forum. Pioneer Hi-Bred International, Inc. Des Moines, Iowa.

Anon. 1984b. Germplasm resource information network now available to scientific community. Diversity 6:10.

Anon. 1992. Political and economic strife around the world causes genebanks to face loss of irreplaceable collections. Diversity 8(3):13.

Armenta-Soto, J. L., T. T. Chang, G. C. Loresto and J. C. O'Toole. 1983. Genetic analysis of root characters in rice. SABRAO J. 15:103-116.

Austin, R. B. and collaborators. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. J. Agr. Sci. (Camb.) 94:675-689.

Ayad, G. and N. Murthi Anishetty. 1980. Directory of germplasm collections. I. Food legumes. IBPGR. Rome, Italy.

Ayad, G., Jane Toll and J. T. Williams. 1980a. Directory of germplasm collections. III. Cereals. 1. Wheat. IBPGR. Rome. Italy.

Ayad, G., Jane Toll and J. T. Esquinas-Alcazar. 1980b. Directory of germplasm Collections. III. Cereals. 2. Maize. IBPGR. Rome. Italy.

Bajaj, Y. P. S. (ed.) 1989. Biotechnology in Agriculture & Forestry. v.8. pp.8-9. Plant Protoplasts and Genetic Engineering. Springer - Verlag Berlin.

Bajaj, Y. P. S. 1991 Biotechnology in rice improvement. *In*: Rice, Y. P. S. Bajaj (ed.). Biotechnology in Agriculture and Forestry, v.14. pp.3-18. Springer-Verlag, Berlin.

Bamberg, J. B., et al. 1985. International cooperation in potato germplasm *In*: Duncan, R.R.(ed.) International Germplasm Transfer: Past and Present, pp.117-182. CSSA Special Pub. 23. Crop Science Society of America, Madison WI.

Banks, D. J. 1976. Peanuts: germplasm resources. Crop Sci. 16: 499-502.

Barker, R., S. K. de Datta, K. A. Gomez and R. W. Herdt. 1977. Philippines 1974, 1975, 1976. *In*: Constraints to high yields on Asian Farms : an interim report, pp. 121-156. IRRI. Los Baños, Philippines.

Barton, J. H. 1982. The international breeder's right system and crop plant innovation. Science 216:1071-1075.

Barton, Lela V. 1961. Seed Preservation and Longevity. Leonard Hill, London.

Bass, L. N. 1979. Physiological and other aspects of seed preservation. *In*: I. Rubenstein et al. (eds.). The Plant Seed : Development, Preservation and Germination, pp.145-170. Academic, New York.

Baum, B. R. 1977. Oats:wild and cultivated. Yale University Press. New Haven, Conn.

Beachell, H. M. and P. R. Jennings. 1965. Need for modification of plant type. *In*: The Mineral Nutrition of the Rice Plant, pp. 29-36. John Hopkins Press. Baltimore, Maryland.

Beachell, H. M., G. S. Khush and R. C. Aquino. 1972. IRRI's international program. *In*: Rice Breeding, pp. 89-104. IRRI. Los Baños, Philippines.

Bennett, Erna (ed.). 1968. FAO/IBP Technical Conference on the Exploration, Utilization and Conservation of Plant Genetic Resources. FAO. Rome.

Bennett, Erna. 1970. Exploration in agriculture and horticulture—introduction. *In*: O. H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants—Their Exploration and Conservation, pp. 235-237.Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Bennett, Erna. 1971. The origin and importance of agroecotypes in Southwest Asia. *In*: P. H. Davis, P. C. Harper and I. C. Hedge (eds.). Plant life in Southwest Asia, pp.219-234.Edinburgh Botanical Society, Edinburgh.

Bennett, Erna. 1973. Wheats of the Mediterranean basin. *In*: O.H. Frankel (ed.). Survey of crop genetic resources in their centres of diversity, pp.1-8. FAO/IBP. Rome.

Bernard, R. L. 1983. Soybean germplasm, breeding and genetic activities in the United States. *In*: Soybean Research in China and the United States. INTSOY Ser. 25, pp. 19-25.University of Illinois. Urbana, Illinois.

Bezancon, G., J. Bozza, G. Koffi and G. Second. 1978. Genetic diversity of indigenous rice in Africa. *In*: I.W. Buddenhagen and G.J. Persley (eds.). Rice in Africa, pp. 45-60.Academic, New York.

Blixt, S. G. 1984. Application of computers to gene banks and breeding programmes. *In*: P. B. Vose and S. G. Blixt (eds.). Crop Breeding, pp. 293-310.Pergamon, Oxford.

Borlaug, N. E. 1968. Wheat breeding and its impact on world food supply. *In*: K. W. Finlay and K. W. Shepherd (eds.). Proc. of the Third International Wheat Genetic Symposium, pp.1-36.Australian Academy of Science, Canberra.

Borlaug, N. E. 1983. Contributions of conventional plant breeding to food production. Science 219: 689-693.

Brady, N. C. 1975. Rice responds to science, *In*: A. W. A. Brown et al. (eds.). Crop Productivity-research Imperatives, pp.62-96. Michigan Agricul-tural Experiment Station and C. F. Kettering Foundation.

Brady, N.C. 1982. IRRI's second decade. *In*: Rice Research Strategies for the Future, pp. 13-26.IRRI. Los Baños, Philippines.

Brandolini, A. 1970. Maize. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants—Their Exploration and Conservation, pp.273-309. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Brewbaker, J. L. 1974. Continuous genetic conversions and breeding of corn in a neutral environment. *In*: Proc. 29th Annual Corn and Sorghum Research Conference, pp.118-113. American Seed Trade Association. Washington, D.C.

Brezhnev, D. 1970. Mobilization, conservation, and utilization of plant resources at the N. I. Vavilov All-Union Institute of Plant Industry, Leningrad. *In*: O. H. Frankel and E. Bennett (eds.). Plant Genetic Resources in Plants — Their Exploration and Conservation. Blackwell Scientific, pp. 533-538. Oxford and Edinburgh.

Brezhnev, D. 1978. The utilization of world plant gene pool of the USSR in distant hybridization. *In*: E. Sanchez-Monge and F. Garcia-Olmedo (eds.), Interspecific Hybridization in Plant Breeding, pp. 23-30. Univeresidad Politecnica de Madrid, Madrid.

Brieger, F. G. and collaborators. 1958. Races of maize in Brazil and other eastern South American countries. Nat. Acad. Sci—Nat. Res. Counc. Publ. 593. Washington, D.C.

Brockway, Lucile H. 1979. Science and Colonial Expansion: the Role of the British Botanic Gardens. Academic, London.

Brown, A. H. D 1989. Core collections: A practical approach to genetic resource. Genome 31:818-824.

Brown, W. L. 1960. Races of Maize in the West Indies. Nat. Acad. Sci—Nat. Res. Counc. Publ. 792. Washington, D. C.

Brown, W. L. 1975. Maize germplasm banks in the Western Hemisphere. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop genetic Resources for Today and Tomorrow, pp.467-472. Cambridge University Press, Cambridge.

Brown, W. L. 1982. Exotic germplasm in cereal crop improvement. *In*: I.K. Vasil, W. R. Scorcroft and K.J. Frey (eds.). Plant Improvement and Somatic Cell Genetics, pp. 29-42. Academic, New York .

Brown, W. L. 1983. Genetic diversity and genetic vulnerability—an appraisal. Econ. Bot. 37: 4-12.

Brown, W. L. and M. M. Goodman. 1977. Races of corn. *In*: G. F. Sprague (ed.). Corn and Corn Improvement, revised edition, pp. 49-88. Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin.

Browning, J. A. 1972. Corn, wheat, rice, man: endangered species. J. Environ. Quality 1: 209-211.

Browning, K. J. Frey and R. Grindeland. 1964. Breeding multiline oat varieties for Iowa. Iowa Farm Sci. 18 (8): 5-8.

Brush, S. 1989. Rethinking crop genetic resources conservation: Conservation Biology. 3:19-24.

Burgess, S. (ed.). 1971. The National Program for Conservation of Crop Germplasm. University of Georgia. Athens, Georgia.

Burton, G. W. 1976. Gene loss in pearl millet germplasm pools. Crop Sci. 16 : 251-255.

Burton, G. W. 1979. Handling cross-pollinated germplasm efficiently. Crop Sci. 19 : 685-690.

Caldwell, B. E. (ed.). 1973. Soybeans: Improvement, Production And Use. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Candolle, A. de. 1882. Origin of cultivated plants (1886 English translation), 2nd ed. Hafner, New York.

Carlson, P. S. 1983. Beyond Haploids. *In*: Cell And Tissue Culture Techniques for Cereal Crop Improvement, pp. 407-417. Science Press, Beijing, China, and IRRI, Manila, Philippines.

Carlson, P. S., H. H. Smith and R. D. Dearing. 1972. Parasexual interspecific plant hybridization. Proc. Nat. Acad. Sci.69: 229-294.

Carson, Rachel (ed.). 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston.

Cartter, J. L. and E. E. Hartwig. 1962. The management of soybeans. Adv. Agron. 14:359-412.

CATIE (Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza). 1979. Crop Genetic Resources in Central America. CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica.

CGIAR. 1992. Partners in Conservation: Plant Genetic Resources and the CGIAR System. 2nd ed. 31 pp. CGIAR-IBPGR, Rome.

Chandler, R. F., Jr. 1968. Dwarf rice—a giant in tropical Asia. *In*: Science for Better Living. Yearbook of Agriculture, 1968, pp. 252-255. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C.

Chang, K. C. 1968. The archaeology of ancient China. Rev. and enl. ed. Yale University. New Haven, Conn.

Chang, T. T. 1964. Present knowledge of rice genetics and cytogenetics. IRRI Tech. Bull. 1, 96 pp. IRRI, Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. 1967. The genetic basis of wide adaptability and yielding ability of rice varieties in the tropics. Int. Rice Comm. Newslett. 16(4):4-12.

Chang, T. T. 1970. Examples of crop exploration—rice. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett

(eds.). Genetic Resources in Plants—their Exploration and Conservation, pp. 267-272. Blackwell Scientific, London.

Chang, T. T. 1971. Field experiments with rice in the tropics with emphasis on variety testing. SABRAO Newslett.3.(1): 59-69.

Chang, T. T. 1972a. International cooperation in conserving and evaluating rice germplasm resources. *In*: Rice Breeding, pp. 177-185. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. 1972b. IRRI rice germplasm project and its relation to national varietal collections. Plant. Genet. Resour. Newslett. 27:9-15.

Chang, T. T. 1975. Exploration and survey in rice. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 159-166. Cambridge University Press, Cambridge.

Chang, T. T. 1976a. Rice. *In* : N. W. Simmonds (ed.). Evolution of Crop Plants, pp. 98-104. Longman, London.

Chang, T. T. 1976b. The rice cultures. Phil. Trans. Royal Soc. (London) B275 :143-157.

Chang, T. T. 1976c. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diver-sification of Asian and African rices. Euphytica 25: 425-441.

Chang, T. T. 1976d. Paleogeographic origin of the wild taxa in the genus *Oryza* and their genomic relationship. Int. Rice Res. Newslett. 2/ 76 : 4.

Chang, T. T. 1976e. Manual on genetic conservation of rice germplasm for evaluation and utilization. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. 1976f. Exploitation of useful gene pools in rice through conservation and evaluation. SABRAO J.8 (1): 11-16.

Chang, T. T. 1979a. Genetics and evolution of the Green Revolution. *In*: R. de Vicente(ed.). Replies from Biological Research, pp. 187-209. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Madrid.

Chang, T. T. 1979b. Hybrid rice, *In*: J. Sneep and A.J.T. Hendriksen (eds.). Plant Breeding Perspectives, pp. 173-174. Pudoc, Wageningen.

Chang, T. T. 1980. The rice genetic resources program of IRRI and its impact on rice improvement, *In*: Rice Improvement in China and Other Asian Countries, pp. 85-106. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. 1982. Germplasm of rice—its utilization by plant breeders, *In*: R.B. Singh and N. Chomchalow (eds.). Genetic Resources and the Plant Breeder, pp.35-42. IBPGR. Bangkok.

Chang, T. T. 1983a. The origins and early cultures of the cereal grains and food legumes. *In*: D. N. Keightley (ed.). The Origins of Chinese Civilization, pp. 65-94. University of California Press, Berkeley.

Chang, T. T. 1983b. Global role of the International Rice Germplasm Center at the International Rice Research Institute. *In*: Rice Germplasm Conservation Workshop Proceedings, pp. 57-66. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. 1983c. Guidelines for the cold storage of orthodox crop seeds in the humid tropics. IBPGR Regional Comm. for Southeast Asia Newslett. 7 (2/3): 23-26.

Chang, T. T. 1984a. Conservation of rice genetic resources: luxury or necessity? Science

224: 251-256.

Chang, T. T. 1984b. The role and experience of an international crop-specific genetic resources center. *In*: ASA Symposium on Crop Germplasm Conservation. Crop Science Society of America Special Publication 8, pp. 35-45.Madison, Wisconsin.

Chang, T. T. 1984c. Rice (*Oryza sativa* and *O. glaberrima*). *In*: J. Leon (ed.). Handbook of Plant Introduction in Tropical Crops, 2nd ed. FAO. Rome.

Chang, T. T. 1984d. Exploration and collection of the threatened genetic resources and the system of documentation of rice genetic resources at IRRI. *In*: S.K. Jain and K. L. Mehra (eds.). Conservation of Tropical Plant Resources, pp. 48-54. Botanical Survey of India. Howrah, India.

Chang, T. T. 1984e. Evaluation of germplasm: rice. *In*: Crop Genetic Resources: Conservation and Utilization, Holden, J. W. and J. T. Williams(eds.), pp. 191-198, George Allen and Unwin, London

Chang, T. T. 1985a. Evaluation of exotic germplasm for crop improvement. Proc. of the International Symposium on Southeast Asian Plant Genetic Resources, Mehra, K.L. and S. Sastrapradja (eds.), pp. 95-103. LBN/LIPI, Bogor.

Chang, T. T. 1987. The impact of rice on human civilization and population expansion. Interdisciplinary Science Reviews 12:63-69.

Chang, T. T. 1988a. Seed processing, storage conditions, and seed viability. *In*: Rice Seed Health, pp.343-352, IRRI, Los Baños. Philippines.

Chang, T. T. 1988b. The ethnobotany of rice in island Southeast Asia. Asian Perspectives 26(1):69-76.

Chang, T. T. 1988c. Taxonomic key for identifying the 22 species in the genus *Oryza*. Int. Rice Res. Newslett. 13(5):4-5.

Chang, T. T. 1989a. The management of rice genetic resources. Genome 31:825-831.

Chang, T. T. 1989b. The case for large collections. *In*: The Use of Plant Genetic Resources, Brown, A. H. D., O. H. Frankel, D. R. Marshall, and J. T. Williams (eds.), pp. 123-156. Cambridge University Press, Cambridge.

Chang, T. T. 1989c. Domestication and spread of the cultivated rices. *In*: Foraging and Farming – The Evolution of Plant Exploitation, Harris, D. R. and G. C. Hillman (eds.), pp. 408-417. Unwin Hyman, London.

Chang, T. T. 1989d. Rice - the starchy staple food. *In*: Plants and Society, Swaminathan, M. S. and S. L. Kochhar (eds.), pp. 124-150. Macmillan, London and Basingstoke.

Chang, T. T. 1991a. Findings from a 28-year seed viability experiment. Int. Rice Res. Newslett. 16(3):5-6.

Chang, T. T. 1991b. Guidelines on developing core collections of rice cultivars. *In*: Rice Germplasm: Collections, Preservation, Use, pp.105-108. IRRI, Manila, Philippines.

Chang, T. T. 1991c. Genebank management. *In*: Rice Germplasm: Collections, Preservation, Use. pp. 163-168. IRRI. Manila, Philippines.

Chang, T. T. 1992a. Availability of plant germplasm for use in crop improvement. *In*: Plant Breeding in the 1990s, Stalker, H. T. and J. P. Murphy (eds.), pp.17-85, C.A.B. International, Wallingford, Oxon.

Chang, T. T. 1992b. The role of germplasm and genetics in meeting global rice needs. *In*: Recent Advances in Botany, pp. 25-33. Institute of Botany, Academia Sinica, Taipei.

Chang, T. T. 1993a. The role of plant genetic resources in conserving biodiversity and sustaining agricultural productivity in the Asia Pacific region. *In*: Harvesting Nature's Diversity, pp.33-38. RAPA Publication 1993/27. FAO Regional Office for Asia & Pacific, Bangkok.

Chang, T. T. 1993b. Sustaining and expanding the "Green Revolution" in rice. *In*: South-East Asia's Environmental Future: The Search For Sustainability, Brookfield, H. and Y. Byron (eds.), pp. 201-210. Oxford University Press, Kuala Lumpur, and United Nations University Press, Tokyo.

Chang, T. T. 1994a. Plant genetic resources: conservation and utilization. *In*: Encyclopedia of Agricultural Science, Arntzen, C. J. and M. Ritten (eds.), vol.3, pp 295-304. Academic Press, San Diego.

Chang, T. T. 1994b. Linkages among plant genetic resources, breeding and biotechnology--global imperatives. *In*: Toward Enhanced and Sustainable Agricultural Productivity in the 2000s: Breeding Research and Biotechnology (Proc. 7th SABRAO Congress), vol. l, pp.15-23. Taichung District Agric. Improvement Station and SABRAO, Changhua, Taiwan.

Chang, T. T. 1994c. The human factor in plant genetic resources conservation. *In*: Plant Germplasm Conservation--Perspectives for the 2000s, Tu, C. C. et al. (eds.) pp.123-134. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan.

Chang, T. T. 1994d. The biodiversity crisis in Asian crop production and remedial measures. *In*: Biodiversity and Terrestrial Ecosystems, Peng, C. I. and C. H. Chou (eds.), pp.25-41. Institute of Botany, Academia Sinica, Taipei.

Chang, T. T. 1995. Rice. *In*: Evolution of Crop Plants, Smartt, J. and N. W. Simmonds(eds.), 2nd ed., pp. 147-155. Longman Scientific & Technical, Harlow, Essex.

Chang, T. T., J. L. Armeta-Soto, C. X. Mao, R. Peiris and G. C. Loresto. 1986. Genetic studies on the components of drought resistance in rice (*Orvza saliva* L.). *In*: Rice Genetics, pp. 387-398. IRRI, Los Baños, Philippines.

Chang, T. T., S. M. Dietz and M. N. Westwood. 1989. Management and utilization of plant germplasm collections. *In*: Biotic Diversity and Germplasm Preservation--Global Imperatives, Knutson L., and A. K. Stoner(eds.), pp. 127-159. Beltsville Symposium in Agricultural Research 13. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Chang, T. T., F. de. Guzman and V. Tolentino. 1986 Monitoring and maximizing rice seed viability in cold storage. Agronomy Abstracts, pp.126. New Orleans, Louisiana.

Chang, T. T. and C. C. Li. 1991. Genetics and breeding. *In*: Rice, v. 1, Production, Luh, B S. (ed.), pp. 23-101. Van Nostrand Reinhold, New York.

Chang, T. T. and G. C. Loresto. 1986a. Germplasm resources and breeding for drought resistance. *In*: Progress in Upland Rice Research, pp. 199-212. IRRI, Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. and G. C. Loresto. 1986b. Screening techniques for drought resistance in rice. *In*: Approaches for Incorporating Drought and Salinity Resistance in Crop Plants, Chopra, V. L. and R. S. Paroda (eds.), pp. 108-129. Oxford and IBH, New Delhi.

Chang, T. T., Y. Pan, Q. Chu, R. Peiris and G. C. Loresto. 1991. Cytogenetic, electrophoretic,

and root studies of javanica rices. *In*: Rice Genetics II, pp. 21-32. International Rice Research Institute, Manila.

Chang, T. T. and D. V. Seshu. 1990. Evaluations of exotic germplasm for genetic enhancement and plant breeding, with special reference to rice. *In*: Wheat Genetic Resources: Meeting Diverse Needs, Srivastava, J. P. and A. B. Damania (eds.), pp.9-19. John Wiley, Chichester.

Chang, T. T., D. V. Seshu and G. S. Khush 1988. The rice seed exchange and evaluation programs of IRRI. *In*: Rice Seed Health, pp.21-32, IRRI, Los Baños Philippines.

Chang, T. T. and D. A. Vaughan. 1991. Conservation and potentials of rice genetic resources. *In*: Rice-- Biotechnology in Agriculture and Forestry, v. 14, Bajaj, Y.P.S.(ed.), pp. 531-552. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.

Chang, T. T., Carina Zuño, Angelita Marciano-Romena and Genoveva C. Loresto. 1985. Semidwarfs in rice germplasm collections and their potentials in rice improvement. Phytobreedon 1(1):1-9.

Chang, T. T. and A. T. Perez. 1975. Genetic conservation of rice germplasm in Southeast and South Asia, 1971-74. *In*: South East Asian Plant Genetic Resources, pp. 120-128.. IBPGR / BIOTROP / LIPI. Bogor, Indonesia.

Chang, T. T. and B. S. Vergara. 1972. Ecological and genetic information on adaptability and yielding ability in tropical rice varieties. *In*: Rice Breeding, pp. 431-452. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. and C.C. Li. 1980. Genetics and breeding. *In*: B. S. Luh (ed). Rice: Production and Utilization, pp. 87-146. AVI. Westport, Conn.

Chang, T. T. and E. A. Bardenas. 1964. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. IRRI Tech. Bull. 4.

Chang, T. T. and H. I. Oka. 1976. Genetic variousness in the climatic adaptation of rice cultivars. *In*: Climate and Rice, pp. 87-111. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. and O.Tagumpay. 1970. Genotypic association between grain yield and six agronomic traits in a cross between rice varieties of contrasting plant type. Euphytica 19: 356-363.

Chang, T. T. and S. T. Yen. 1969. Inheritance of grain dormancy in four rice crosses. Bot. Bull. Acad. Sin. 10: 1-9.

Chang, T. T. and V. Tolentino. 1983. Seed longevity of three rice cultivars in three packing materials under six storage conditions. *In*: Agronomy Abstracts, pp. 118. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Chang, T. T. and collaborators. 1969. Component analysis of duration from seeding to heading in rice by the basic vegetative phase and the photoperiod-sensitive phase. Euphytica 18: 79-91.

Chang, T. T. and collaborators. 1972a. Manual for Field Collectors of Rice. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. and collaborators. 1972b. Agronomic and growth characteristics of upland and lowland rice varieties. *In*: Rice Breeding, pp. 645-661. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chang, T. T. and collaborators. 1975a. The search for disease and insect resistance in rice germplasm. *In*: O.H. Frankel and J.G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for

Today and Tomorrow, pp. 183-200. Cambridge University Press, Cambridge.

Chang, T. T. and collaborators. 1975b. IRRI's role as a genetic resources center. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 457-465. Cambridge University Press, Cambridge.

Chang, T. T. and collaborators. 1977. Morpho-agronomic variousness and economic potentials of *Oryza glaberrima* and wild species in the genus *Oryza*. *In*: Meeting on African Rice Species, pp. 67-75. IRAT-ORSTOM. Paris.

Chang, T. T. and collaborators. 1979. Crop genetic resources. *In*: J. Sneep and A. J. T. Hendriksen (eds.). Plant Breeding Perspectives, pp. 83-103. Pudoc, Wageningen.

Chang, T. T. and collaborators. 1982a. The conservation and use of rice genetic resources. Adv. Agron. 35:37-91.

Chang, T. T. and collaborators. 1982b. Strategy and methodology of breeding rice for drought-prone areas. *In*: Drought Resistance in Crops With Emphases on Rice, pp. 217-244. IRRI. Los Baños, Philippines.

Chevalier, A. 1932. Nouvelle contribution a l'etude systematique des *Oryza*. Rev. Bot. Appl. Agric. Trop. 12: 1014-1032.

Chin, H. F. and E. H. Roberts (eds.). 1980. Recalcitrant Crop Seeds. Tropical, Kuala Lumpur.

Chu, Y. E. and H. I. Oka. 1972. The distribution and effects of genes causing F_1 weakness in *O. breviligulata* and *O.glaberrima*. Genetics 70: 163-173.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1979. Handbook for the Collection, Preservation and Characterization of Tropical Forage Germplasm Resources. CIAT. Cali, Colombia.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo).1976. CIMMYT Review 1976. CIMMYT. El Batan, Mexico.

CIMMYT. 1979. Speeding the Breeding, CIMMYT Today 11. CIMMYT. El Batan, Mexico.

CIMMYT. 1983. CIMMYT 1982 annual report. CIMMYT. El Batan, Mexico.

CIMMYT. 1984. CIMMYT report on wheat improvement 1981. CIMMYT.El Batan, Mexico.

Clark, J. A. 1936. Improvement in wheat, *In*: Yearbook of Agriculture, 1936. pp. 207-302. U.S. Department of Agriculture. Washington, D. C.

Cocking, E. C. 1985. Protoplastic fusion and its application in agriculture. *In*: Biotechnology in International Agricultural Research, pp.181-188. IRRI. Los Baños, Philippines.

Coffman, F. A. (ed.). 1961. Oats and oat improvement. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Cook, M. G. and L. T. Evans. 1983. Some physiological aspects of the domestication and improvement of rice (*Oryza* spp.). Field Crops Res. 6: 219-238.

Creech, J. L. 1970. Tactics of exploration and collection, *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants—Their Exploration and Conservation, pp. 221-229. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Creech, J. L and L. P. Reitz. 1971. Plant germplasm now and for tomorrow. Adv. Agron. 23:1-49.

Cromarty, A. S., R. H. Ellis and E. H. Roberts. 1982. The design of seed storage facilities for genetic conservation. IBPGR. Rome .

Croston, R. P. and J. T. Williams. 1981. A world survey of wheat genetic resources. IBPGR. Rome.

Dalrymple, D. G. 1978. Development and Spread of High-yielding Varieties of Wheat and Rice in the Less Developed Nations. For. Agric. Econ. Report 95. USDA/ USAID. Washington, D. C.

Dalrymple. 1980. Development and spread of semidwarf varieties of wheat and rice in the United States. An international perspective. Agric. Econ. Rept. 455.USDA/ USAID.Washington, D. C.

Damania, A. B. and J. T. Williams. 1980. Directory of germplasm collections. II. Root crops. IBPGR, Rome.

Darwin, C. 1868. The Variation of Animals and Plants Under Domestication, Vol.1 and 2. John Murray, London.

Day, P. R. 1973. Genetic variability of crops. Ann Rev. Phytopath. 11: 293-312.

Day, P. R. 1992. Plant breeding: The next 10 years. *In*: Plant Breeding in the 1990s, H. T. Stalker J. P. Murphy(eds.), pp. 515-523. C. A. B. International. Wallingford, Oxon.

De Datta, S. K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. Wiley-Interscience, New York .

Delouche, J. C., R. K. Matthes, G. M. Dougherty and A. H. Boyd. 1973. Storage of seed in subtropical and tropical regions. Seed Sci. and Technol. 1:671-700.

Dewey, D. R. 1980. Some applications and misapplication of induced polyploidy to plant breeding. *In*: W. H. Lewis (ed.). Polyploidy.pp.445-470, Plenum, New York.

Dijk, G. E., van. 1979. Wild species for the breeding of grasses. *In*: A. C. Zeven and A.M. van Harten (eds.).Proc. Conference on Broadening the Genetic Base of Crops, pp. 211-216. Pudoc, Wageningen.

Dinorr, A. 1976. Germplasm and the phytopathologist. Plant Genet. Resour. Newslett. 32: 36-38.

Dinorr, A. 1978. Germplasm 'preservation'. Plant Genet. Resour. Newslett. 34:18-19. Doggett, H. 1970. Sorghum. Longmans, London.

Dolores, R. C., T. T. Chang and D. A. Ramirez. 1979. The cytogenetics of F_1 hybrids from *Oryza nivara* Sharma & Shastry x *O. sativa* L. Cytologia 44: 527-540.

Duncan. R. R.(ed.). International Germplasm Transfer: Past and Present, 206 pp. CSSA Special. Pub. 23. Crop Science Society of America, Madison, WI.

Duncan. R. R., J. Dahlberg and M. Spinks . 1995. International activities in Sorghum germplasm acquisition during the past 35 years. *In*: Duncan, R. R. (ed.) Germplasm Transfer: Past and Present. pp.117-134. CSSA Special Pub. 23. Crop Science Society of America. Madison, WI.

Duvick, D. N. 1977. Genetic rates of gain in hybrid maize yields during the past 40 years. Maydica 22: 187-196.

Duvick, D. N. 1981. Genetic diversity in major U.S. farm crops—on the farm and in reserve, pp. 216. XIIth Int. Bot. Congr. Abst.

Duvick, D. N. 1984. Genetic diversity in major farm crops on the farm and in reserve. Econ. Bot. 38: 157-174.

Duvick, D.N. 1996 Plant breeding , an evolutionary concept. Crop Sci. 36(3):539-548.

D'Amato, F. 1975. The problem of genetic stability in plant tissues and cell cultures. *In*: O. H. Frankel and J. G.Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 333-348. Cambridge University Press, Cambridge.

Eberhart, S. A. 1970. Progress report on the sorghum conversion program in Puerto Rico and plans for the future, pp. 41-54. Proc. 25th Corn and Sorghum Research Conference.

Eberhart, S. A. 1971. Regional maize diallels with US and semi-exotic varieties. Crop Sci. 11: 911-914.

Efron, Y. and H. L. Everett. 1969. Evaluation of exotic germplasm for improving corn hybrids in northern United States. Crop Sci. 9:44-47.

Elgin, J. H. and P. A. Miller. 1989. Enhancement of plant germplasm *In*: Knutson . L. and A. K. Stoner(eds.). Biotic Diversity and Germplasm Preservation--Global Imperatives. pp. 311-322. Khuwer Academic Publishers, Dordrecht.

Ellis, R. H., 1991 Seed storage in national centers. *In*: Rice Germplasm: Collecting, Preservation, Use, pp. 81-86 IRRI, Manila, Philippines.

Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Ann. Bot. 45:13-30.

Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1982. Use of deep-freeze chests for medium-and long-term storage of small seed collection. IBPGR. Rome.

Ellis, R. H. and E. H. Roberts, 1989 Use of deep-freeze best for medium and long-term small seed collections. 9 pp, IBPGR, Rome.

Ellis, R. H., T. D. Hong and E. H. Roberts. 1985a. Handbook of Seed Technology for Genebanks. Vol. I. Principles and Methodology. 210 pp. IBPGR, Rome.

Ellis, R. H., T. D. Hong and E. H. Roberts. 1985b. Handbook of Seed Technology for Genebanks. Vol II. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations. 667 pp. IBPGR, Rome.

Engle, L. M., T. T. Chang and D. A. Ramirez. 1969. The cytogenetics of sterility in F_1 hybrids of indica x indica and indica x javanica varieties of rice (*Oryza sativa* L.). Philippine Agric. 53: 289-307.

Esquinas-Alcazar, J. T. 1981. Genetic resources of tomatoes and wild relatives. IBPGR Secretariat, Rome.

Evans, L. T. 1984. Raising the yield potential: by selection or design ?. *In*: T. Kosuge, C.P. Meredith and A. Hollaender(eds.). Genetic Engineering of Plants : an Agricultural Perspective, pp. 371-389. Plenum, New York.

Evans, L. T. and W. J. Peacock (eds.). 1981. Wheat science – today and Tomorrow. Cambridge University Press, Cambridge.

Fairchild, D. 1938. The world was my garden. Charles Scribner's, New York.

Fan, M. J. 1994. Report on the National Plant Genetic Resources System's Organization and Operation. Proceedings of Plant Germplasm Conservation: Perspectives for the

2000s, August 10-11, 1993. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, R.O.C.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1981. Report of the FAO/ UNEP/ IBPGR International Conference on Crop Genetic Resources. FAO. Rome.

FAO. 1990 FAO Production Yearbook, 1989, FAO, Rome.

FAO. 1996 Report on the state of the world's plant genetic resources. Proc. International Technical Conference on Plant Genetic Resources. Leipzig, June 17-23, 1996, FAO, Rome.

Feekes, W. 1941. De tarwe en haar milieu. Versl. Techn. Tarwe Comm. 12: 523-888.

Francis, C. A. and T. T. Chang. 1994. Breeding crop cultivars for sustainable systems. *In*: Toward Enhanced and Sustainable Agricultural Productivity in the 2000s: Breeding Research and Biotechnology (Proc. 7th SABRAO Congress), v. III, pp. 743-756. Taichung District Agric Improvement Station and SABRAO, Changhua.

Frankel, O. H. 1967. Guarding the plant breeder's treasury. New Scientist 14: 538-540.

Frankel, O. H. 1970a. Genetic dangers in the Green Revolution. World Agric. 19 (3):9-13.

Frankel, O. H. 1970b. Genetic conservation in perspective. *In*: O. H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants－Their Exploration and Consrevation, pp. 469-489. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Frankel, O. H. 1972. The significance, utilization and conservation of crop genetic resources. FAO, Rome.

Frankel, O. H. (ed.). 1973. Survey of crop genetic resources in their centres of diversity. First Report. FAO/ IBP. Rome.

Frankel, O. H. 1974. Genetic conservation: our evolutionary responsibility. Genetics 78:53-65.

Frankel, O. H. 1975. Genetic resources centres－a cooperative global network. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 473-482. Cambridge University Press, Cambridge.

Frankel, O. H. 1977. Natural variation and its conservation. *In*: Amir Muhammed et al. (eds.). Genetic Diversity in Plants, pp. 21-44. Plenum, New York and London.

Frankel, O. H. 1984. Genetic principles of *in situ* preservation of plant resources. *In*: S. K. Jain and K. L. Mehra (eds.). Conservation of Tropical Plant Resources, pp. 55-56. Botanical Survey of India. Howrsh, India.

Frankel, O. H. and E. Bennett(eds.). 1970a . Genetic Resources in Plants－Their Exploration and Conservation. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Frankel, O. H. and E. Bennett(eds.). 1970b. Genetic resources－introduction. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants, pp. 7-17. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Frankel, O. H.and J. G. Hawkes (eds.). 1975a. Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow. Cambridge University Press. Cambridge .

Frankel, O. H.and J. G. Hawkes (eds.). 1975b. Genetic resources－the past ten years and the next.. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 1-14. Cambridge University Press, Cambridge.

Frankel, O. H. and M. E. Soule. 1981. Conservation and Evolution. Cambridge University Press, Cambridge.

Frankel, O. H. and A. H. D. Brown. 1984. Current genetic resources--a critical appraisal. *In*: Genetics: New Frontiers. Vol. IV. Oxford and IBH , New Delhi.

Frankel, O. H. and M-Soule. Conservation and Evaluation. 322 pp. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Frey, K. J. 1971. Improving crop yields through plant breeding. *In*: J. D. Eastin and R. D. Munson (eds.). Moving Off the Yield Plateau. ASA Special Publ. 20, pp. 15-58. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Frey, K. J. 1981. Capabilities and limitations of conventional plant breeding. *In*: K. O. Rachie and J. M. Lyman (eds.). Genetic Engineering for Crop Improvement, pp. 15-62. The Rockefeller Foundation. New York.

Frey, K. J. 1983a. Genes from wild species for improving plants. *In*: T. C. Yap, K. M. Graham and Jalani Sukaimi (eds.). Crop Improvement Research pp. 1-20. Proc. 4th International SABRAO Congress. SABRAO. Selangor, Malaysia.

Frey, K. J. 1983b. Plant population management and breeding. *In*: D. R. Wood(ed.). Crop Breeding, pp. 55-88. American Society of Agronomy—Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin.

Frey, K. J., T. S. Cox, D. M. Rodgers and P. Bramel-Cox. 1984. Increasing cereal yields with genes from wild and weedy species. Proc, 15th Int. Congr. Genetics. New Delhi, India.

Fribourg, H. A. 1968. Computer programs for processing forage crops agronomic data. Tennessee Agricultural Experiment Station Tech. Rept. 12.

Galinat, W. G. 1977. The origin of corn. *In*: G. F. Sprague (ed.). Corn and Corn Improvement, pp. 1-47. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Gebrekidan, B. 1979. Sorghum genetic resources in Ethiopia. Ethiopian J. Agric. Sci. 1: 108-115.

Gomez, K. A., D. Tuazon and C. J. Francisco. 1977. Computer-based data management system for crop improvement programs. *In*: Proc. International Conference on Computer Application in Developing Countries, Vol. 1, pp. 709-725. Bangkok.

Gomez, K. A., D. Tuazon and N. E. Namo. 1979. Germplasm bank information retrieval system . IRRI Res. Paper Series 45. IRRI. Los Baños, Philippines.

Goodman, M. M. 1965. Estimates of genetic variance in adapted and exotic populations of maize. Crop Sci. 5: 87-90.

Goodman, M. M. 1984. An evaluation and critique of current germplasm programs. *In*: Report of the 1983 Plant Breeding Research Forum, pp.195-249. Pioneer Hi-Bred International. Des Moines, Iowa.

Goodman, M. M. 1993. Choosing germplasm for plant breeding success. *In*: M. B. Callaway and C. A. Francis (eds.) Crop Improvement for Sustaining Agriculture, pp.34-45. University of Nebraska Press, Lincoln, N. E.

Govindaswamy, S. 1956. Jeypore Botanical Survey I. Central Rice Research Institute. Cuttack, India.

Graham, F. Jr. 1970. Since Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston.

Grahl, A. 1983. Storability of potato seed. Plant Genet. Resour. Newslett. 56: 30-32.

Gregory, W. C., A. Krapovickas, B. W. Smith and J. A. Yarbrough. 1973. Structure and genetic resources of peanuts. *In*: Peanuts—Culture and Uses. pp. 47-133. American Peanut Research and Education Association. Stillwater, Oklahoma.

Griffing, B. and E. W. Lindstrom. 1954. Study of the combining abilities of corn inbreds having varying proportion of Corn Belt and non-Corn Belt Germplasm. Agron. J. 46: 545-552.

Grout, B. W. W. and G. G. Henshaw. 1978. Freeze-preservation of potato shoot-tip cultures. Ann. Bot. 42: 1227-1229.

Grubben, G. J. H. 1977. Tropical Vegetables and Their Genetic Resources. IBPGR. Rome.

Gullberg, U. (comp.). 1971. World list of germplasm collections: Rice. Plant Genet. Resour Newslett. 26: 27-35.

Hakim, K. L. and S. D. Sharma. 1974. Localized distribution of certain characters of rice in northeast India. Ind. J. Genet. 34A: 16-21.

Hallam, A. 1973. A Revolution in the Earth Sciences—from Continental Drift to Plate Tectonics. Clarendon, Oxford.

Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. Ames, Iowa.

Hallauer, A. R. 1995, International activities in maize germplasm, *In*: Duncan, R. R. (ed.) International Germplasm Transfer: Past and Present. pp. 149-163, CSSA Spec. Pub. 23. CSSA-ASA, Madison, WI.

Hamada, H. 1965. Rice in the Mekong Valleys. *In* : Indo-Chinese Studies: Synthetic Research of the Culture of Rice-Cultivating Races in Southeast Asian Countries (I), pp. 507-586. Japanese Society of Ethnology. Tokyo.

Hammons, R. O. 1970. Registration of Spancross peanuts. Crop Sci. 10: 459.

Hammons, R. O. 1976. Peanuts: genetic vulnerability and breeding strategy. Crop Sci. 16: 527-530.

Hanks, L. M. 1972. Rice and Man. Aldine-Atherton, Chicago.

Hanna, W. W., K .F. Schertz and E. C. Bashaw. 1970. Apospory in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Science 170: 338-339.

Hanson, A. A. and F. V. Juska (eds.). 1969. Turfgrass Science. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Hanson, C. H. (ed.). 1972. Alfalfa Science and Technology. Amrican Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Hanson, J. R. 1985, Procedures for Handling Seed in Genebanks. 115 pp. IBPGR, Rome.

Hanson, J. R., 1992. Crops and Man. 2nd ed. Amer. Soc. Agronomy and Crop Sci. Soc. of America. Madison, WI.

Hanson, W. D. 1959. The breakup of initial linkage blocks under selected mating systems. Genetics 44: 857-868.

Hanway, J. and H. E. Thompson. 1967. How a soybean plant develops. Special Rept. 53. Iowa State University Press. Ames, Iowa.

Hanway, J. 1966. How a corn plant develops. Special Rept. 48. Iowa State University Press . Ames, Iowa.

Hargrove, T. R. 1978. Diffusion and adoption of genetic materials among rice breeding programs in Asia. IRRI Res. Paper Ser. 18. IRRI. Los Baños, Philippines.

Harlan, H. V. and M. L. Martini. 1936. Problems and results in barley breeding. *In*: USDA Yearbook of Agriculture, pp. 303-346. U.S. Department of Agriculture. Washington, D. C.

Harlan, J. R. 1951. Anatomy of gene centers. Am. Natural. 85: 97-103.

Harlan, J. R. 1956. Distribution and utilization of natural variability in cultivated plants. *In*: Genetics in Plant Breeding, pp. 191-208. (Brookhaven Symposium in Biology, Vol.9).

Harlan, J. R. 1961. Geographic origin of plants useful to agriculture. *In*: R.E. Hodgson (ed.). Germplasm Resources, pp. 3 -19. American Assoc. Adv. Science Pub. 66. Washington, D.C.

Harlan, J. R. 1965. The possible role of weed races in the evolution of cultivated plants. Euphytica 14: 173-176.

Harlan, J. R. 1968. On the origin of barley. *In*: Barley : origin, botany, culture, winter hardiness, genetics, utilization, pests, pp. 9-31. Agricultural Handbook 338. U.S. Department of Agriculture. Washington, D. C.

Harlan, J. R. 1969. Ethiopia: a center of diversity. Econ. Bot. 23: 309-314.

Harlan, J. R. 1970. Evolution of cultivated plants. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants – Their Exploration and Conservation, pp. 19-32. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Harlan, J. R. 1971. Agricultural origins : centers and non-centers. Science 174: 468-474.

Harlan, J. R. 1972a. Genetics of disaster. J. Environ. Quality 1: 212-215.

Harlan, J. R. 1972b. Genetic resources in the Sorghum. *In*: N. G. P. Rao and L. R. House (eds.). Sorghum in the seventies, pp. 1-13. Oxford and IBH, New Delhi.

Harlan, J. R. 1973. Genetic resources of some major field crops in Africa. *In*: O. H. Frankel (ed.). Survey of crop genetic resources in their centres of diveresity, pp. 45-64. FAO/IBP. Rome .

Harlan, J. R. 1975a. Crops and Man. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Harlan, J. R. 1975b. Our vanishing genetic resources. Science 188: 618-621.

Harlan, J. R. 1975c. Geographic patterns of variation in some cultivated plants. J. Hered. 66: 184-191.

Harlan, J. R. 1976a. The plants and animals that nourish man. Scient. Amer. 235: 89-97.

Harlan, J. R. 1976b. Genetic resources in wild relatives of crops. Crop Sci. 16: 329-333.

Harlan, J. R. 1977. The origins of cereal agriculture in the Old World. *In*: C.A. Reed (ed.). Origins of Agriculture, pp. 357-383. Mouton, Hague.

Harlan, J. R. 1979. On the origin of barley. *In*: Kev (ed.). Barley: origin, botany, culture, winter hardiness, genetics, utilization, pests, pp. 10-36. U.S. Department of Agr. Handbook 338. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C.

Harlan, J. R. and J. M. J. de Wet. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants .

Taxon 20: 509-517.

Harlan, J. R. and J. M. J. de Wet. 1973. On the quality of evidence for origin and dispersal of cultivated plants. Curr. Anthropology 14 (1-2) : 51-62.

Harlan, J. R., J. M. J. de Wet. and E. G. Price. 1973. Comparative evolution of cereals. Evolution 27: 311-325.

Harlan, J. R., J. M. J. de Wet. and K. J. Starks. 1980. Germplasm resources and needs. *In*: F.G. Maxwell and P. R. Jennings (eds.). Breeding Plants Resistant to Insects, . pp. 254-273. Wiley, New York.

Harrington, J. F. 1970. Seed and pollen storage for conservation of plant gene resources. *In* : O. H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants — — Their Exploration and Conservation, pp. 501-521. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Harrington, J. F. 1972. Seed storage and longevity. *In*: T.T. Kozlowski (ed.). Seed Biology, pp. 145-245. Academic, New York.

Harris, D. R. 1969. Agricultural systems, ecosystems and the origins of agriculture. *In*: P. J. Ucko and G. W. Dimbleby (eds.). The Domestication and Exploration of Plants and Animals, pp. 3-15. Duckworth, London.

Harris, D. R. 1976. Traditional systems of plant food production and the origins of agriculture in West Africa. *In*: J.R. Harlan, J.M. J. de Wet and Ann B. L. Stemler (eds.). Origins of African Plant Domestication, pp. 331-356. Mouton, Hague.

Harvey, P. H., C. S. Levings III, and E. A. Wernsman. 1972. The role of extra-chromosomal inheritance in plant breeding. Adv. Agron. 24: 1-27.

Hawkes, J. G. 1941. Potato collecting expeditions in Mexico and South America. Imperial Bureau Plant Breeding & Genetics, Cambridge.

Hawkes, J. G. 1969. The ecological background of plant domestication. *In* : P. J. Ucko and G. W. Dimbleby (eds.). The Domestication and Exploitation of Plants and Animals, pp. 17-29. Duckworth, London.

Hawkes, J. G. 1970. The conservation of short-lived asexually propagated plants. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants—Their Exploration and Conservation, pp. 495-499. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Hawkes, J. G. 1976. Manual for field collectors (seed crops). FAO. Rome.

Hawkes, J. G. 1977. The importance of wild germplasm in plant breeding. Euphytica 26: 615-621.

Hawkes, J. G. 1978. Biosystematics of the potato. *In*: P. M. Harris (ed.). The Potato Crop, pp. 14-69. Chapman and Hall, London.

Hawkes, J. G. 1980. Crop genetic resources fields collection manual. IBPGR/ EUCARPIA. Rome.

Hawkes, J. G. 1983. The Diversity of Crop Plants. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Hawkes, J. G., J. T. Williams and R. P. Croston. 1983. A bibliography of crop genetic resources. IBPGR. Rome .

Hayes, H. K., J. H. Parker and C. Kurtzweil. 1920. Genetics of rust resistance in crosses of

varieties of *Triticum vulgare* with varieties of *T. durum* and *T. dicoccum*. J. Agr. Res. 19: 523-542.

Heiser, c. B. 1979. Origins of some cultivated New World plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10: 309-326.

Helsel, D. B. and K. J. Frey. 1983. Genetic control of vegetative growth index in oats (*Avena* spp.). Theor. Appl. Genet. 65: 219-223.

Henshaw, G. G. 1975. Technical aspects of tissue culture storage for genetic conservation. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 349-358. Cambridge University Press, Cambridge.

Henshaw, G. G. 1997. Technologies in conserving root crops toward improved productivity. Proc. Workshop on Conservation and Utilization of Plant and Animal Resources, March 11-12, 1997, APEC-ATC at TARI, Taichung, Taiwan.

Henshaw, G. G and W. M. Roca. 1976. Special techniques in germplasm storage. *In*: Report of the Planning Conference on the Exploration and Maintenance of Germplasm Resources, pp. 109-130. CIP. Lima, Peru.

Herdt, R. W. and C. Capule. 1983. Adoption, spread, and production impact of modern rice varieties in Asia. IRRI. Los Baños, Philiippines.

Herenandez, E. X. 1973. Genetic resources of primitive varieties of Mesoamerica *Zea* spp., *Phaseolus* spp., *Capsicum* spp., and *Cucurbita* spp. *In*: O.H. Frankel (ed.). Crop genetic resources in their centres of diversity, pp. 76-86. FAO - IBP. Rome .

Hermsen, J. G. Th. 1979. Factors controlling interspecific crossability and their bearing on the strategy for breaking barriers to intercrossing of tuber-bearing *Solanum* species. *In*: A. C. Zeven and A. M. van Harten (eds.). Proc. Conference on Broadening Genetic Bases of Crops, pp. 311-318. Pudoc, Wageningen.

Hewitt, W. B. and L. Chiarappa (eds.). 1977. Plant Health and Quarantine in International Transfer Of genetic Resources. CRC. Cleveland, Ohio.

Ho, C. C. 1973. Malaysia—locally originated tropical fruits. *In* : O. H. Frankel (ed.). Crop genetic resources in their centres of diversity, pp. 160 - 164 . FAO / IBP. Rome .

Ho, P. T. 1956. Early-ripening rice in Chinese history. Econ. Hist. Rev. 9: 200-218.

Ho, P. T. 1969. The loess and the origin of Chinese agriculture. Amer. Hist. Rev. 75: 1-36.

Hodgkin. T. et al. 1995. Core Collections of Plant Genetic Resources. 2699 John wileyd sons, Chi chester, New

Holdgate, M. W. 1978. The balance between food production and conservation. *In*: J. G. Hawkes (ed.). Conservation and Agriculture, pp. 227-241. Duckworth, London.

Hondelmann, W. 1979. Gene bank activites in the Federal Republic of Germany. *In* : A. C. Zeven and A. M. van Harten (eds.). Proc. Conference on Broadening Genetic Base of Crops, pp. 117-122. Pudoc, Wageningen.

Howard, H. W. 1978. The production of new varieties. *In*: P. M. Harris (ed.). The Potato Crop, pp. 607-646. Chapman and Hall, London.

Hoyt, E. 1988. Conserving the Wild Relatives of Crops. 45 pp. IBPGR-IUC-WWF Rome and Gland.

Hsieh, S. C., J. C. Flinn and N. Amerasinghe. 1982. The role of rice in meeting future needs.

In: Rice Research Strategies for the Future, pp. 27-49. IRRI. Los Baños, Philippines.

Huang, C. H., W. L. Chang and T. T. Chang. 1972. Ponlai varieties and Taichung Native 1. *In*: Rice Breeding, pp. 31-45. IRRI. Los Baños, Philippines.

Huke, R. 1976. Geography and climate of rice. *In*: Climate and Rice, pp. 31-50. IRRI. Los Baños, philippines.

Hull, F. H. 1975. Recurrent selection for specific combining ability in corn. J. Amer. Soc. Agron. 37: 134-145.

Hulse, J. H. and D. Spurgeon. 1974. Triticale. Sci. Amer. 231: 72-80.

Hymowitz, T. 1983. Germplasm collection, management and evaluation : the subgenus *Glycine*. *In*: Soybean Research in China and the United States, pp. 69-70. INTSOY Ser. 25. University of Illinois. Urbana, Ill.

IBP. 1966. Plant gene pools. IBP News 5: 48-51.

IBPGR. Annual reports, 1975-1982. IBPGR. Rome.

IBPGR. 1976a. Priorities among crops and regions. IBPGR. Rome.

IBPGR. 1976b. Report of IBPGR Working Group on Engineering, Design and Cost Aspects of Long-Term Seed Storage Facilities. IBPGR. Rome .

IBPGR. 1977. A cooperative regional programme in Southeast Asia. IBPGR. Rome.

IBPGR. 1978. Address by the IBPGR to the Workshoop on Rice Genetic Conservation, pp. 39-41. Proc. Workshop on Genetic Conservation of Rice. IRRI. Los Baños, Philippines.

IBPGR. 1979a. Reports. P1. Genet. Resour. Newslett. 36: 30.

IBPGR. 1979b. A review of policies and activites 1974-78 and of the prospects for the future. IBPGR. Rome.

IBPGR. 1981. Revised priorities among crops and regions. IBPGR. Rome .

IBPGR. 1983a. Practical constraints affecting the collection and exchange of samples of wild species and primitive cultivars. IBPGR. Rome.

IBPGR. 1983b. A global network of gene banks. IBPGR. Rome .

IBPGR. 1983c. Plant varieties rights and genetic resources. IBPGR. Rome .

IBPGR. 1984. Seed management techniques for genebanks (Proc. of a Workshop held at Royal Botanic Gardens, Kew, 6-9 July, 1982). J. B. Dickie, S. Linington and J. T. Williams (eds.). IBPGR. Rome.

IBPGR. 1985. Cost-Effective Long-Term Seed Stores. 33 pp. IBPGR, Rome.

IBPGR.(undated). Facts about the IBPGR. IBPGR. Rome .

IBPGR-IRRI Rice Advisory Committee. 1982. Conservation of the wild rices of tropical Asia. Plant Genet. Resour. Newslett. 49: 13-18.

IBPGR-PCARR. 1977. Plant genetic resources in Southeast Asia: current activities in the region. IBPGR / PCARR. Rome .

ICRISAT. 1982. Sorghum in the Eighties, Vol. 1 and 2. ICRISAT. Patancheru, India.

International Rice Research Institute. 1972. Rice Breeding . IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1970. Catalog of rice cultivars and breeding lines

(*Oryza sativa* L.). The world collection of the International Rice Research Institute. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1975. Annual report for 1974. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1976a. Annual report for 1975, pp. 71. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1976b. Standard evaluation system for rice. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1979. Annual report for 1978, pp. 100. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1980a. Five years of the IRTP: a global rice exchange and testing network. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1980b. IRRI germplasm bank—treasure of mankind. IRRI Reporter 3 / 80.

International Rice Research Institute. 1981. Monitoring viability of stored seed, pp. 8. *In*: Annual Report for 1980. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1982a. A plan for IRRI's Third Decade. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1982b. Rice Research Strategies for the Future. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1982c. Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1982d. IRRI germplasm bank returns traditional rice seeds to Kampuchea. IRRI Reporter 3 / 83.

International Rice Research Institute 1984a. Annual report for 1983. IRRI. Los Baños, Philippines.

International Rice Research Institute. 1984b. Proceedings of Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. IRRI. Los Baños, Philippines (in press).

International Potato Center. 1973. Workshop on germplasm exploration and taxonomy of potatoes. CIP. Lima, Peru.

International Potato Center. 1976. Report of the Planning Conference on the Exploration and Maintenance of Germplasm Resources. CIP. Lima, Peru.

International Potato Center. 1983. Annual report ,CIP, 1982. CIP. Lima, Peru.

IOB(Institute of Biology). 1990. Exploited Plants: Collected Papers from the Biologist. 116 pp. Institute of Biology. London.

IPGRI(International Plant Genetic Resources Institute). 1994. Proc. of East Asia Coordinators Meeting on Plant Genetic Resources. IPRGI-CAAS, Beijing, China.

IRAT–ORSTOM. 1977. Meeting on African Rice Species. IRAT -ORSTOM. Paris.

IRRI. 1964. Rice Genetics and Cytogenetics. Elsevier, Amsterdam.

IRRI-IBPGR. 1978. Proceedings of the Workshop on Genetic Conservation of Rice. 54p. IRRI.

Los Baños, Philippines.

IRRI－IBPGR. 1983. Rice Germplasm Conservation Workshop Proceedings. IRRI. Los Baños, Philippines.

IRRI. 1985. Biotechnology in International Agricultural Research. 435 pp. IRAL, Manila, Philippines.

IRRI. 1991. Rice Germplasm: Collecting, Preservation, Use. 113 pp. IRRI, Manila, Philippines.

Isaac, E. 1970. Geography of Domestication. Prentice-Hall, Englewood.

Ito, H. and K. Kumagai. 1969. The national seed storage laboratory for genetic resources in Japan. JARQ4 (2): 32-38.

IUCN-UNEP-WWF. 1980. World Conservation Strategy. IUCN. Gland, Switzerland.

Jain, H. K. 1982. Plant breeders' rights and genetic resources. Indaian J. Genet. 42: 121-128.

Jain, S. K. 1975. Population structure and the effects of breeding system. *In*: O. H. Frankel and J.G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 15-36. Cambridge University Press, Cambridge.

Jain, S. K. 1983. Domestication and breeding of new crop plants. *In*: D. R. Wood (ed.). Crop Breeding, pp. 177-197. American Society of Agronomy –Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin.

Jain, S. K. and K. L. Mehra (eds.). 1984. Conservation of tropical plant resources. Botanical Survey of India. Howrah, India.

James, E. 1961. Perpetuation and protection of germplasm as seed. *In*: R. E. Hodgson (ed.). Germplasm Resources, pp. 317–326. Amer. Assoc. Adv. Science Pub. 66. Washington, D.C.

Janick, J.(ed.). 1989. The Notional Plant Germplasm System of the United States. Plant Breeding Reviews. v.7. Timber Press, Portland , OR.

Jensen, N. F. 1962. A world germplasm bank for cereals. Crop Sci.2: 361-363.

Jensen, N. F. 1970. A diallel selective mating system for cereal breeding. Crop Sci. 10: 629-635.

Jensen, N. F. 1978a. Composite breeding methods and the diallel selective mating system in cereals. Crop Sci. 18: 622-626.

Jensen, N. F. 1978b. Limits to growth in world food production. Science 201: 317-320.

Johnson, H. W. and R. L. Bernard. 1963. Soybean genetics and breeding. *In*: A. G. Norman (ed.). The Soybean Academic, pp. 1-74. New York.

Jones, J. K. 1976. Strawberry. *In*: N. W. Simmonds (ed.). Evolution of Crop Plants, pp. 237-242. Longman, London.

Jones, Q. 1983. Germplasm needs of oil seed crops. Econ. Bot. 37: 418-422.

Jones, Q. 1984. National and international germplasm management systems. *In*: Report of the 1983 Plant Breeding Research Forum, pp. 61-91. Pioneer Hi-Bred International. Des Moines, Iowa.

Juliano, B. O. 1972. Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain

quality and nutritional value of rice. *In*: Rice Breeding, pp. 389-405. IRRI. Los Baños, Philippines.

Justice, O. L. and L. N. Bass. 1978. Principles and Practices of Seed Storage. 289 pp. Agriculture Handbook 506. U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C.

Kahn, R. P. 1970. International plant quarantine. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants — their Exploration and Conservation, pp. 403-412. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Kaneda, C. and R. Ikeda 1983. Genetic and breeding studies on resistance to brown planthopper in rice. Japan Soc. Breed. 33:519.

Karsha, K. K.(ed.) 1985. Cryopreservations of Plant Cells and Organs. CRC Press, Boca Raton, FL.

Katayama, T. C. 1978. Distributions and some morphological characters of the wild rice in the Ganga Plains. Mem. Fac. Agric. Kagoshima Univ. 14 (23): 33-38.

Kato, S., H. Kosaka and collaborators. 1930. On the affinity of the cultivated varieties of rice plants, *Oryza sativa* L. J. Dept. Agr. Kyushu Imp. Univ. 2 (9) : 241-276.

Kato, S., H. Kosaka and S. Hara. 1928. On the affinity of rice varieties as shown by the fertility of hybrid plants. Bull. Sci. Fakult. Terkult Kyushu Imp. Univ. 3: 132-147.

Kawakami, J. and K. Fujii. 1981. Genetic resources of seed-propagated crops in Japan. *In*: J. T. Williams and J. L. Creech (eds.). Crop genetic resources of the Far East, pp. 16-39. IBPGR. Bangkok.

Kenworthy, W.J. 1980. Strategies for introgressing exotic germplasm in breeding programs. *In*: F. T. Corbin (ed.). Proc. World Soybean Research Conference II, pp. 217-223. Westview, Boulder, Colorado.

Khush, G. S. 1977a. Disease and insect resistance in rice. Adv. Agron. 29: 265-341.

Khush, G. S. 1977b. Breeding for resistance in rice. Ann. N. Y. Acad. Sci. 287: 296-308.

Khush, G. S. 1980. Breeding rice for multiple disease and insect resistance. *In*: Rice Improvement in China and Other Asian Countries, pp. 219-238. IRRI. Los Baños, Philippines.

Kihara, H. 1959. Japanese expedition to the Hindukush. *In*: Proc. First International Wheat Genetic Symposium, pp. 243-248.

Kihara, H. K. Yamashita and M. Tanaka. 1965. Morphological, physiological, genetical, and cytological studies in *Aegilops* and *Triticum* collected from Pakistan, Afghanistan and Iran. Results Kyoto Univ. Sci. Exped. Karakoram Hinduk, 1955, 1: 1-118.

King, M.W. and E.H. Roberts. 1980. Maintenance of recalcitrant seeds in storage. *In* : H. F. Chin and E. H. Roberts (eds.). Recalcitrant Crop Seeds, pp. 53-89. Tropical, Kuala Lumpur.

Kiyosawa, S. 1976. Pathogenic variations of *Pyricularia oryzae* and their use in genetic breeding studies. SABRAO J. 8 (1): 53-67.

Kjellqvist, E. 1973. Cereals — Turkey. *In*: O.H. Frankel (ed.). Survey of crop genetic resources in their centres of diversity, pp. 9-30. FAO / IBP. Rome .

Kloppenburg, J. R. Jr. 1988a. First The Seed. 308 pp. Cambridge University Press, Cambridge.

Kloppenburg, J. R. Jr. (ed.) 1988b. Seed and Sovereignty. Duke University Press, Durham, NC.

Knott, D. R. 1961. The inheritance of rust resistance. VI. The transfer of stem rust resistance from *Agropyron elongatum* to common wheat. Canad. J. Pl. Sci 41: 109-123.

Knott, D. R. 1964. The effect on wheat of an *Agropyron* chromosome carrying rust resistance. Canad. J. Genet. Cytol. 6: 500-507.

Knott, D. R. and J. Dvorak. 1976. Alien germplasm as a source of resistance to disease. Ann. Rev. Phytopath. 14: 211-235.

Knott, D. R., J. Dvorak, and J.S. Nanda. 1977. The transfer to wheat and homoeology of an *Agropyron elongatum* chromosome carrying resistance to stem rust. Canad. J. Genet. Cytol. 19: 75-79.

Knowles, P. F. 1969. Centers of plant diversity and conservation of crop germplasm : safflower. Econ. Bot. 23: 324-329.

Knowles, P. F. 1977. Safflower germplasm : domesticated and wild. Calif. Agric. 31: 12-13.

Knutson, L. and A. K. Stoner (eds.). 1989. Biotic Diversity and Germplasm Preservations--Global Imperatives. Kluwver Academic Publishers, Dordrecht.

Konzak, C. F. and S. M. Dietz. 1969 Documentation for the conservation, management, and use of plant genetic resources. Econ. Bot. 23: 299-308.

Krishnaswamy, N. 1951. Origin and distribution of cultivated plants of South Asia: millets. Indian J. Genet. Plant Breed. 11: 67-74.

Krull, C. F. and N. E. Borlaug. 1970. The utilization of collections in plant breeding and production. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants—Their Explortion and Conservation, pp. 427-440. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Kuckuck, H. 1970. Primitive wheats. *In*: O.H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants—Their Expolration and Conservation, pp. 249-266. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Kuckuck, H. 1975. Importance of the utilization, preservation and further development of the natural genetic resources for the cultivation of plants. *In*: Plant Research and Development, Vol. I. Institute for Scientific Cooperation, pp. 109-120. Tubingen, F. R. Germany.

Kuleshov, N . N. 1929. The geographical distribution of the varietal diversity of maize in the world. Bull. Appl. Bot .Genet. Pl. Breed. 20: 506-510.

Kumagai, K. 1979. New seed storage house for plant genetic resources in Tsukuba. *In*: Division of Genetics, National Institute of Agricultural Sciences Annual Report, 1978. NIAS. Tsukuba, Japan, pp. 48-61.

Kupzov, A. I. 1976. Basic loci in cultivation of certain crops in the past and in modern times. Theor. Appl: Genet. 18: 209-215.

Ladd, S. L. and M. R. Paule. 1983. *In vitro* crop breeding. *In*: D. R. Wood (ed.). Crop Breeding, pp. 131-151. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin.

Landauer, W. 1945. Shall we lose or keep our plant and animal stocks? Science 101:497-499.

Langer, I., K. J. Frey and T. B. Bailey. 1978. Production response and stability characteristics of oat cultivars developed in different eras. Crop Sci. 18: 938-942.

Large, E. C. 1954. Growth stages in cereals, illustration of the Feekes' scale. Pl. Path. 3: 128-129.

Larson, R. E. 1961. Perpetuation and protection of germplasm as vegetative stock. *In*: R.E. Hodgson (ed.). Germplasm Resources, pp. 327-336. American Association for the Advancement of Sciences. Washimgton, D.C.

Lemmons, K. 1969. The Golden Age of Plant Hunter. Cranbury, New Jersey.

Leon, J. 1973. Primitive genetic resources in Latin America. *In* : O. H. Frankel (ed.). Survey of crop genetic resources in their centres of diversity, pp. 71-75. FAO / IBP. Rome.

Leon, J. and L. A. Withers (eds.), 1986. Guidelines for Seed Exchange and Plant Introduction in Tropical Crops. 207 pp. FAO Plant Production and Protection Paper 76. FAO, Rome.

Leppik, E. E. 1970. Gene centers of plants as sources of disease resistance. Ann. Rev. Phytopath. 8: 323-344.

Lin, S. C. and L. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. *In*: Innovative Approaches to Rice Breeding, pp. 35-52. IRRI. Los Baños, Philippines.

Ling, K. C. 1972. Rice Virus Diseases. IRRI. Los Baños, Philippines.

Loegering, W. Q. 1968. Problems of storing plant disease data for retrieval by automatic data processing machines. Washington Agricultural Experiment Station Bull. 705.

Loresto, G. C. and T. T. Chang. 1994. Genetic control of rice root system associated with drought resistance. *In*: Toward Enhanced and Sustainable Agricultural Productivity in the 2000s: Breeding Research and Biotechnology (Proc. 7th SABRAO Congress), vol. 1 , pp.77-83. Taichung District Agric. Improvement Station and SABRAO, Changhua, Taiwan.

Loresto, G. and M. Jaclcson, 1996. South Asia partnerships forged to conserve rice genetic resources, Diversity 12(3):60-61.

Love, H. H. 1954. Rice Improvement in Thailand. U. S. Foreign Agric. 18 (2): 25-28.

Lu, J. J. and T. T. Chang. 1980. Rice in its temporal and spatial perspectives. *In*: B. S. Luh (ed.). Rice: Production and Utilization, pp. 1-74. AVI. Westport, Conn.

Luo-jia -jiao Archaeological Team. 1981. Report on excavations at Luo-jia-jiao site in Tong-xiang County (in Chinese). Zhejiang Provincial Archaeological Institute Journal 2: 1-42.

Mangelsdorf, P. C. 1966. Genetic potentials for increasing yields of food crops and animals. Proc. Nat. Acad. Sci. 56: 370-375.

Mangelsdorf, P. C., R. S. MacNesh and W.C. Galinat. 1967. Prehistoric wild and cultivated maize. *In*: D. S. Byers (ed.). Prehistory of the Tehuacan Vallely. Vol. 1, pp. 178-200. University of Texas Press. Austin, Texas.

Marshall, D. R. and A. H. D. Brown. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. *In*: O.H. Frankel and J.G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 53-80. Cambridge University Press, Cambridge.

Marshall, D. R. and A. H. D. Brown. 1981.Wheat genetic resources. *In*: L.T. Evans and W. J.

Peacock (eds.), Wheat Science – today and Tomorrow, pp. 21-40. Cambridge University Press, Cambridge.

Martin, F. W. 1973. Yam (*Dioscorea* spp.) in West Africa. *In*: O.H. Frankel (ed.). Survey of crop genetic resources in their centres of diversity, pp. 65-67. FAO / IBP. Rome.

Martin, F. W. 1975. The storage of germplasm of tropoical roots and tubers in the vegetative form. *In* : O.H. Frankel and J. G.Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 369-378. Cambridge Uiversity Press, Cambridge.

Matsuo, T. 1952. Genecological studies on the cultivated rice (in Japanese). Bull. Natl. Inst. Agr. Sci. D3: 1-111.

Matsuo, T. (ed.). 1975. Gene conservation. JIBP Synthesis V. 5. Science Council of Japan, Tokyo.

McFadden, E. S. 1930. A successful transfer of emmer characters to *vulgare* wheat. J. Amer . Soc. Agron. 22 : 1020- 1034.

McNeal, F. H. and collaborators. 1971. A uniform system for recording and processing cereal research data. ARS 34-121. U. S. Department of Agriculture. Beltsville, Maryland.

Mehra, K. L. and R. K. Arora 1982. Plant genetic resources of India—their diversity and conservation. National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi.

Meins, F. 1983. Heritable variation in plant cell culture. Ann. Rev. Plant Physiol. 34: 327-346.

Melville, R. 1966. Continental drift, Mesozoic continents and the migration of the Angiosperms. Nature 211: 116-120.

Mengesha, M. H. and K. E. P. Rao. 1982. Current situation and future of sorghum germplasm. *In* : Sorghum in the Eighties, vol . I, pp. 323-333. ICRISAT. Patancheru, India.

Miller, F. R. 1982. Genetic and environmental response characteristics of sorghum. *In* : Sorghum in the Eighties, Vol . I, pp. 393-402. ICRISAT. Patancheru, India.

Mooney, P. R. 1980. Seeds of the Earth. Inter Parea (Ottawa) and the International Coalition for Development Action (London).

Mooney, P. R.. 1983. The law of the seed. Develop. Dialogue 1-2 : 1-172.

Moore, D. M. (ed.). 1982. Green Planet. Cambridge University Press, Cambridge.

Morinaga, T. 1954. Classification of rice varieties on the basis of affinity. Japan. J. Breed. Suppl. 4 : 1-14.

Morinaga, T. 1967. Rice of Japan (in Japanese). J. Agric. Soc. Japan 988: 1-10.

Morinaga, T. 1968. Origin and geographical distribution of Japanese rice. JARQ 3 (2) : 1-5.

Morishima, Hiroko, Y. Sano and H. I. Oka. 1980. Observations on wild and cultivated rices and companion weeds in the hilly areas of Nepal, India and Thailand. Report 1349. National Institute of Genetics. Misima, Japan.

Morris, Rosalind. 1983. Remodeling crop chromosomes. *In*: D.R. Wood (ed.). Crop Breeding, pp. 109-129. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin.

Morris, Rosalind. and E. R. Sears.1967. The cytogenetics of wheat and its relatives, pp. 19-87.

In : K.S. Quisenberry and L. P. Reitz (eds.). Wheat and Wheat Improvement. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Moss, J. P. 1984. Wild species in crop improvement. *In*: Biotechnology in Interational Agricultural Research. IRRI. Los Baños, Philippines.

Mujeeb-Kazi, A. and D. C. Jewell. 1985. CIMMYT's crossing program for wheat and maize improvement. *In*: Biotechnology in International Sriculturat , pp. 219-226. IRRI. Los Baños, Philippines.

Muntzing, A. 1979. Triticale, results and problems. Verlag Paul Parey, Berlin.

Murty, B. R. and collaborators. 1967a. Classification and catalogue of a world collection of *Sorghum*. Indian J. Genet. 27 (Spec. No.) : 1-312.

Murty, B. R. and collaborators. 1967b. Classification and catalogue of a world collection of genetic stocks of *Pennisetum*. Indian J. Genet. 27 (Spec. No.) : 313-394.

Nagamatsu, T. and T. Omura. 1975. Collection and evaluation of local rice varieties in Japan. *In*: T. Matsuo (ed.). Gene Conservation. JIBP Synthesis Vol . 5, pp. 50-53, 56. Science Council of Japan, Tokyo.

National Academy of Sciences. 1972. Genetic Vulnerability of Major Crops. National Academy of Sciences. Washington, D.C.

National Academy of Sciences. 1975. Underexploited tropical plants with promising economic value. National Academy of Sciences. Washington, D. C.

National Academy of Sciences. 1979. Tropical legumes: resoruces for the future. National Academy of Sciences. Washington, D.C.

National Plant Genetic Resources Board. 1979. Plant genetic resources: conservation and use. U.S. Department of Agriculture. Washington, D. C.

National Plant Genetic Resources Board. 1981. The national plant germplasm system. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C.

National Plant Genetic Resources Center—International Seed Exchange Center. 1993. List of Important Commercial Crop Varieties Available for International Exchange. 30 pp. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, R.O.C.

National Soybean Breeders' Workshop. 1984. Proc. of National Soybean Breeders' Workshop.

Nayar, N. M. 1973. Origin and cytogenetics of rice. Adv. Genet 17 : 153-292.

Nelson, H. G. 1972. The use of exotic germplasm in practical corn breeding programs. *In*: Proc. 27th Annual Corn and Sorghum Research Conference, pp. 115-118. Anerijcan Seed Trade Association. Washington, D. C.

Nelson, R. and R. L. Bernard. 1983. Germplasm collection, management and evaluation: the subgenus *Soja*. *In*: Soybean Research in China and the United States. INTSOY Series 25, pp. 71-72. University of Illinois. Urbana, Ill.

Nestel, B. and R. MacIntrye (eds.). 1975. The international exchange and testing of cassava germplasm. International Development Research Center and Centro Internacional de Agricultura Tropical. Ottawa, Canada.

Ng, N. Q. and J. T. Williams. 1979. Seed stores for crop genetic conservation. IBPGR. Rome.

Ng, N. Q., J. T. Williams. and collaborators. 1983. Rice genetic resources, collection and

conservation activities in Africa and Latin America. *In*: Rice Germplasm Conservation Workshop Proceedings, pp. 45-52. IRRI. Los Baños, Philippines.

Nishiyama, I. 1976. Effects of temperature on the vegetative growth of rice plants. *In*: Climate and Rice, pp. 159-185. IRRI. Los Baños, Philippines.

Norman, A. G. (ed.). 1963. The Soybean. Academic, New York.

NRC(National Research Council). 1988. Expansion of the U.S. National Seed Storage Laboratory: Program and Design Considerations. 16 pp. National Academy Press, Washington, D. C.

NRC. 1991. Forest Trees. 228 pp. National Academy Press, Washington, D. C.

NRC. 1993 Managing Global Genetic Resources: Agricultural Crop Issues and Policies. 449 pp, National Academy Press, Washington D. C.

Ochoa, C. 1973. Native potatoes in Bolivia, Chile and Peru. *In* : O.H. Frankel (ed.). Crop genetic resources in their centres of diversity, pp. 116-118. FAO / IBP. Rome.

Ochoa, C. 1975. Potato collecting expeditions in Chile, Bolivia and Peru, and the genetic erosion of indigenous cultivars. *In* : O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Plant Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 167- 173.Cambridge University Press, Cambridge.

Oka, H. I. 1964. Pattern of interspecific relationships and evolutionary dynamics in *Oryza*. *In* : Rice Genetics and Cytogenetics, pp. 71-90. Elservier, Ansterdam.

Oka, H. I. 1969. A note on the design of germplasm preservation work in grain crops. SABRAO Newslett. 1(2): 127-134.

Oka, H. I. 1974. Experimental studies on the origins of cultivated rice. Genetics 78: 475-486.

Oka, H. I. 1975. Consideration on the population size necessary for conservation of crop germplasms. *In* : T. Matsuo (ed.). Gene Conservation, pp. 57-63. JIBP Synthesis v. 5. Science Council of Japan, Tokyo.

Oka, H. I. 1978. An observation of wild rice species in tropical Australia. Report 1216. National Instiute of Genetics. Misima, Japan.

Oka, H. I. 1983. Conservation of heterogeneous rice populations. *In*: Proceedings of the Rice Germplasm Conservation Workshop, pp. 11-20. IRRI. Los Baños, Philippines.

Oka, H. I. 1984. The value of conserving genetic resources. National Park Service, U. S. Department of the Interior. Washington, D. C.

Oka, H. I. and W.T. Chang . 1961. Hybrid swarms between wild and cultivated rice species, *Oryza perennis* and *O. sativa*. Evolution 15 : 418-430.

Oka, H. I., W.T. Chang . 1964. Observations of wild and cultivated rice species in Africa. National Institute of Genetics. Misima, Japan.

Oka, H. I., W.T. Chang and H. Morhisima. 1967. Variations in the breeding systems of a wild rice , *Oryza perennis*. Evolution 21: 249-258.

Oka, H. I., W.T. Chang, Y. Sano and T. Koizumi. 1978. Observations of rice species and accompanying savanna plants on the southern fringe of Sahara Desert . Report No. 1215. National Institute of Genetics. Misima, Japan.

Omolo, E. and W.A. Russell. 1971. Genetic effects of population size in the reproduction of two heterogeneous maize populations. Iowa State J. Sci. 45: 499-512.

Orf, J.H. and T. Hymowitz. 1979. Inheritance of the absence of the Kunitz trypsin inhibitor in seed protein of soybeans. Crop Sci. 19: 107-109.

Orton, T. J. 1989. New technologies and the enhancement of plant germplasm diversity. *In*: Kloppenburg, J. R. Jr.(ed.), Seeds and Sovereignty. pp 145-170. Duke University Press, Durham, N. C.

Ou, S. H. 1972. Rice Diseases. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey.

O'Toole, J. C. 1982. Adaptation of rice to drought environments. *In*: Drought Resistance in Crops with Emphases on Rice, pp. 195-213. IRRI. Los Baños, Philippines.

O'Toole, J. C. and T. T. Chang. 1979. Drought resistance in cereals—rice : a case study. *In* : H. Mussell and R. Staples (eds.). Stress Physiology in Crop Plants, pp. 374-405 John Wiley, New York.

Paddock, W. C. 1970. How green is the Green Revolution? BioScience 20: 897-902.

Pal, B. P. 1972. Modern rice research in India and its impact. *In*: Rice , Science and Man, pp. 89-104. IRRI. Los Baños, Philippines.

Paliwal, R. L. and E. W. Sprague. 1981. Improving adaptation and yield dependability in maize in the developing world . Paper presented at the FAO / SIDA Technical Conference on Improved Seed Production, Nairobi, Kenya, June 2-6, 1981.

Paroda, R. S. and R. K. Arora(eds.). 1988. Plant Genetic Resources -- Indian Perspectives. National Bureau Plant Genetic Resources, New Delhi.

Parthasarathy, N. 1972. Rice breeding in tropical Asia. *In* : Rice Breeding, pp. 5-28. IRRI. Los Baños, Philippines.

Paterniani, E. and M. M. Goodman. 1978. Races of maize in Brazil and adjacent areas. CIMMYT. Mexico City.

Pathak, M. D. 1977. Defense of the rice crop against insect pests. Ann. N. Y. Acad. Sci . 287 : 287- 295.

PCARR. 1982. Fifth International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops. Philippine Council For Agriculture and Resources Research. Los Baños, Philippines.

Peacock, W. J., 1996. Role of biotechnology in crop productivity and sustainability. Proc. 2nd International Crop Science Congress, New Delhi.

Peloquin, S. J. 1981. Chromosomal and cytoplasmic manipulations. *In* : K. J. Frey(ed.). Plant Breeding II, pp. 117-150. Iowa State University. Ames, Iowa.

Peloquin, S. J. 1984. Utilization of exotic germplasm in potato breeding; germplasm transfer with haploids in 2N gametes. *In* : Report of the 1983 Plant Breeding Research Forum, pp. 145-168. Pioneer Hi—Bred Inter-national. Des Moines, Iowa.

Peloquin, S. J. and R. Ortiz, 1992, Techniques for introgressing unadapted germplasm to breeding populations, *In*: Plant Breeding in the 1990s, A. T. Stalker and J. P. Murphy (eds.), pp.485-507. C. A. B International, Wallingford.

Perret. P. M. 1995. International crop genetic resources networks. *In*: Duncan, P. R. (ed.) International Germplasm Transfer: Past and Present, pp.101-114. CSSA Spec, Pub., 23 CSSA-ASA, Madison WI.

Perrin, R. K., K. A. Kunnings and L. A. Ihnen. 1983. Some effects of the U.S. Plant Protection Act of 1979. North Carolina State University Economic Research Report 46.

Raleigh, North Carolina.

Philipps, R. L. 1983. Genetic engineering of plants : some perspectives on the conference, the present, and the future. *In* : T. Kosuge, C. P. Meredith and A. Hollaender (eds.). Genetic Engineering of Plants : an Agricultural Perspective, pp. 453-465. Plenum, New York.

Pioneer Hi-Bred International 1987. Latin America's Plant Resources : Abundant Food Supplies for the Future. 267 pp. Report of the 1985 Plant Breeding Research Forum, Caracas, Venezuela, 1985. Des Moines, I. A.

Plucknett, D. L., N. J. H. Smith, J. T. Williams and N. M. Anishetty. 1983. Crop germplasm conservation and developing countries. Science 220 : 163-169.

Ponnamperuma, F. N. 1977a. Physicochemical properties of submerged soils in relation to fertility. IRRI Res. Paper Ser. 5.

Ponnamperuma, F. N. 1977b. Screening rice for tolerance to mineral stresses. IRRI Res. Paper Ser. 6.

Ponnamperuma, F. N. 1982. Breeding crop plants to tolerate soil stresses. *In* : I. K. Vasil, W. R. Scowcroft, and K. J. Frey (eds.). Plant Improvement and Somatic Cell Genetics, pp. 73-98. Academic, New York.

Porceddu, E. 1979. Genebank activities in Italy. *In* : A. C. Zeven and A. M. van Harten (eds.). Proc. Conference on Broadening Genetic Base of Crops, pp. 123-125. Pudoc, Wageningen.

Porceddu, E., W. G. Ayad and A. B. Damania (eds.). 1982. IBPGR Mediterranean programme for genetic resources. MPGR News 1(1). Germplasm Institute. Bari, Italy.

Porteres, R. 1956. Taxonomie agrobotanique des riz cultives *O. sativa* Linne. et *O. glaberrima* Steudel. J. Agric. Trop. Bot. Appl. 3: 341-384, 541-580, 627-700,821-856.

Porteres, R. 1976. African cereals : *Eleusime*, *Fonio*, Black *Fonio*, Teff. *Brachiaria*, *Paspalum*, *Pennisetum*, and African rice. *In* : J. R. Harlan, J. M. J. de Wet and Ann B. L. Stemler (eds.). Origins of African Plant Domestication, pp. 409-452. Mouton, Hague.

Prescott-Allen, R. and Christine Prescott-Allen. 1981. *In situ* conservation of crop genetic resources. IBPGR. Rome .

Prescott-Allen, R. and Christine Prescott-Allen. 1982. What's wildlife worth ? Earthscan, London.

Price, S. 1963. Cytogenetics of modern sugar canes. Econ. Bot 17: 97-106.

Princen, L. H. 1983. New oil seed crops on the horizon. Econ. Bot. 37: 478-492.

PROSEA. 1989-96. Plant Resources of South-East Asia. no.1-10, various editors. Backbuys Publishers, Leiden, Netherlands.

Purseglove, J. W. 1968. Tropical Crops : Dicotyledons, Vol. 1 and 2. Longman, London.

Purseglove, J. W. 1972. Tropical Crops: Monocotyledons, Vol .1 and 2. Longman, London.

Purseglove, J. W. 1976. The origins and migrations of crops in tropical Africa. *In* : J. R. Harlan, J. M. de Wet and Ann B. L. Stemler (eds.). Origins of African Plant Domestication, pp. 291-309. Mouton, Hague.

Qualset, C. O. 1975. Sampling germplasm in a center of diversity : an example of disease

resistance in Ethiopian barley. *In* : O. H. Frankel and J.G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 81-96. Cambridge University Press, Cambridge.

Quinby, R. Jr. 1974. Sorghum improvement and the genetics of growth. Texas A&M University Press. College Station, Texas.

Quinby, J. R. 1975. The genetics of sorghum improvement . J. Hered. 66: 56-62.

Quisenberry, K. S. and L. P. Reitz (eds.). 1967. Wheat and Wheat Improvement . American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Quisenberry, K. S. and L. P. Reitz (eds.). 1974. Turkey wheat: the cornerstone of an empire. Agric. Hist. 48: 98-110.

Rachie, K. O. 1975. The millets: importance, utilization and outlook. ICRISAT. Hyderabad, India.

Rachie, K. O. and J. M. Lyman (eds.). 1981. Genetic engineering for crop improvement. Rockefeller Foundation. New York.

Rachie, K. O. and J. V. Majmuder. 1980. Pearl millet. Pennsylvania State University Press. University Park, Pa.

Rachie, K. O. and L. M . Roberts. 1974. Grain legumes of the lowertropics. Adv. Agron. 26 : 1-32.

Rao, N. G. P. and L. L. Narayana . 1968. Apomixis in grain sorghum. Indian J. Genet. Pl. Breed. 28 : 121-127.

Raven, P. H. 1976. Ethics and attitudes. *In* : J. B. Simmons et al . (eds.). Conservation of Threatened Plants, pp. 155-179. Plenum, New York.

Raven, P. H. and D. I. Axelrod. 1974. Angiosperm biogeography and past continental movements. Ann. Missouri Bot. Gard. 61: 539-673.

Reeves, R. G and A. J. Bockholt. 1964. Modification and improvenetn of maize by crossing it with *Tripsacum*. Crop Sci . 4: 7-10.

Reeves, R. G. 1950. The use of teosinte in the improvement of corn inbreds. Agron. J. 42: 248-251.

Reitz, L. P. 1976. Improving germplasm resources. *In* : F. L Patterson (ed.). Agronomic Research for Food. American Society of Agronomy Special Publication 26, pp. 85-97. Madison, Wisconsin.

Reitz, L. P. and J. C. Cradock. 1969. Diversity of germplasm in small grain cereals. Econ. Bot. 23: 315-323.

Reitz, L. P. and S. C. Salmon. 1968. Origin, history and use of Norin 10 wheat. Crop Sci . 8: 686-689.

Renfrew, Jane M. 1969. The archaeological evidence for the domestication of plants : methods and problems. *In* : P. J. Ucko and G. W. Dimbleby (eds.). The Domestication and Exploitation of Plants and Animals. Aldine, pp. 149-172. Chicago.

Richharia , R. H. 1979. An aspect of genetic diversity in rice . Oryza 16: 1-31.

Rick, C. M. 1973. Potential genetic resources in tomato species : clues from observations in native habitats. *In*: A. M . Srb (ed.). Genes, Enzymes, and Populations, pp. 255-269. Plenum, New York.

Rick, C. M . 1977. Conservation of tomatoes species germplasm. Calif . Agr. 31 (9) : 32-33.

Rick, C. M. 1979. Potential improvement of tomatoes by controlled introgression of genes from wild species. *In* : A. C. Zeven and A. M. van Harten (eds.). Proc. Conference on Broadening Genetic Base of Crops, pp. 167-173. Pudoc, Wageningen.

Rick, C. M. 1982. The potential of exotic germplasm for tomato improvement. *In* : I. K. Vasil, W. R. Scowcroft and K. J. Frey (eds.). Plant Improvement and Somatic Ceil genetics. pp. 1-28. Academic, New York.

Rick, C. M. 1984. Conservation and use of exotic tomato germplasm. *In*: Report of the 1983. Plant Breeding Research Forum, pp. 119-114. Pioneer Hi- Bred International. Des Moines, Iowa.

Rieger, R., A. Michaelis and M. M. Green. 1976. Glossary of Genetics and Cytogenetics, 4th ed. Springer-Verlag, Berlin.

Riley, R. 1981. Prospects. *In* : L. T. Evans and W. J. Peacock (eds.). Wheat Science—Today and Tomorrow, pp. 271-277. Cambridge University Press, Cambridge.

Riley, R. and V. Chapman, 1958. Genetic control of the cytologically diploid behaviour of hexaploid wheat. Nature 182 : 713-715.

Riley, R., V. Chapman and K. R. Lewis (eds.). 1966. Chromosome Manipulations and Plant Genetics. Plenum, New York.

Riley, R., V. Chapman and R. Johnson. 1968. Introduction of yellow rust resistance of *Aegilops comosa* into wheat by genetically induced homoeologous recombination. Nature 217: 383-384.

Robbelen, G. 1979. Transfer of quantitative characters from wild and primitive forms. *In* : A. C. Zeven and A. M . van Harten (eds.). Proc. Conference on Broadening Genetic Base of Crops, pp. 249-255. Pudoc, Wageningen.

Roberts, E. H. 1975. Problems of long-term storage of seed and pollen for gentic resources conservation. *In* : O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 269-295. Cambridge University Press, Cambridge.

Roberts, E. H. 1979. The long-term storage of viable seeds, genetic damage during storage and the implications for seed banks. *In* : Seed technology for gene banks, pp. 67-75. IBPGR. Rome.

Roberts, E. H. 1983. Seed preservation facilities and procedures for national centers of developing countries. *In*: Proc. Rice Germplasm Conservation Workshop, pp. 71-75. IRRI. Los Baños, Philippines.

Roberts, E. H. and D. L. Roberts. 1972. Viability nomographs. *In*: E. H. Roberts (ed.). Viability of Seeds, pp. 419-423. Chapman and Hall. London.

Roberts, E. H. and M. W. King . 1980. The characteristics of recalcitrant seeds. *In*: H. F. Chin and E. H. Roberts (eds.). Recalcitrant Crop Seeds, pp. 1-5. Tropical, Kuala Lumpur.

Roberts, E. H. and R. H. Ellis. 1977. Prediction of seed longevity at sub-zero temperatures and genetic resources conservation. Nature 268: 431-433.

Robinson, R. A. 1976. Plant Pathosystems. Springer-Verlag, Berlin.

Roca, W. M. 1985. *In vitro* clonal propagation to eliminate crop diseases. *In*: Biotechnology in International Aeriouetur Peseaich, pp.3-10 . IRRI. Los Baños,

Philippines.

Roca, W. M., J. E. Bryan, and M. R. Roca. 1979. Tissue culture for the international transfer of potato genetic resources. Amer. Potato J. 56: 1-10.

Roca, W. M., et al. 1989. *In vitro* methods of germplasm conservation. Genome 31:813-817.

Rockefeller Foundation (RF). 1970. World collection of sorghums—list of pedigrees and origins. Rockefeller Foundation Indian Agricultural Program. New Delhi, India.

Rockefeller Foundation (RF). 1980. Crop germplasm conservation and use in China : with special reference to a national plant genetic resources center. Rockefeller Foundation. New York.

Roger, P. A. and S. A. Kulasooriya. 1980. Bluegreen Algae and Rice. IRRI. Los Baños, Philippines.

Rogers, D. J., B. Snoad and L. Seidewitz. 1975. Documentation for genetic resources centers. *In*: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, pp. 399-406. Cambridge University Press, Cambridge.

Roschevicz, R. J. 1931. A contribution to the knowledge of rice (in Russian). Bull. Appl . Bot . Genet. Plant Breed. 27 (4): 1-133.

Ross, H. 1979. Wild species and primitive cultivars as ancestors of potato varieties. *In* : A. C. Zeven and A. M. van Harten (eds.). Proc. Conference on Broadening Genetic Base of Crops, pp. 237-245. Pudoc, Wageningen.

Russell, W. A. 1974. Comparative performance for maize hybrids representing different eras of maize breeding. *In* : Proc. 29th Annual Corn and Sorghum Research Conference, pp. 81-101. American Seed Trade Association, Washington, D.C.

Russell, W. A. 1991. Genetic improvement of maize yields. Adv. Agron 33:245-298.

SABRAO. 1977. Plant genetic resources in SABRAO region. SABRAO J. 9: 141.

Sakai, A. 1984. Cryopreservation of apical meristems. Hort. Rev. 6:357-372.

Sampath, S. and R. Seetharaman. 1962. The formation of geographical races in the cultivated rice, *Oryza sativa*. Rice News Teller 10 (1): 17-19.

Sanchez-Monge, E. and F. Garcia-Olmedo (eds.). 1978. Interspecific hybridization in plant breeding. Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomos, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.

Sastrapradja, S. 1973. Indonesia. *In* : O. H. Frankel (ed.). Crop genetic resources in their centers of diversity, pp. 141-159. FAO / IBP. Rome.

Sastrapradja, S. 1975. Tropical fruit germplasm in Southeast Asia. *In* : J. T. Williams et al. (eds.). Southeast Asian Plant Genetic Resources, pp. 33-46. IBPGR / BIOTROP / LIPI. Bogor .

Satake, T. and K. Toriyama. 1979. Two extremely cool tolerant varieties. Inter. Rice Res. Newslett. 4 (2) : 9-10.

Sauer, C. O. 1952. Agricultural Origins and Dispersals. American Geographical Society, New York.

Schiemann, E. 1943. Entstehumg der Kulturp flanzen. Ergebn. Biol. 19 : 409-552.

Schoener, C. S. and W.R. Fehr. 1979. Utilization of plant introductions in soybean breeding

populations. Crop Sci. 19 : 185-188.

Scowcroft, W. R. and P. J. Larkin. 1982. Somaclonal variation : a new option for plant improvement. *In* : I. K.Vasil, W. R. Scowcroft, K. J. Frey (eds.). Plant Improvement and Somatic Cell Genetics, pp. 159-178. Academic, New York.

Sears, E. R. 1956. The transfer of leaf-rust resistance from *Aegilops umbellulata* to wheat. *In* : Genetics in Plant Breeding. Brookhaven Symposia in Biology 9, pp. 1-22.

Sears, E. R. 1972. *Agropyron*-wheat transfers through induced homeologous pairing (abst). Canad . J. Genet. Cytol. 14: 736.

Sears, E. R. 1975. The wheat and their relatives. *In* : R.C. King (ed.). Handbook of Genetics, pp. 59-91. Plenum, New York.

Sears, E. R. 1976. Genetic control of chromosome pairing in wheat. Ann. Rev. Genet. 10: 32-51.

Sears, E. R. 1978. Analysis of wheat-*Agropyron* recombinant chromosomes. *In*: E. Sanchez-Monge and F. Garcia-Olmedo (eds.). Interspecific Hybridization in Plant Breeding, pp. 63-72. Universidad Politecnica de Madrid. Madrid.

Sears, E. R. 1981. Transfer of alien genetic material to wheat. *In* : L .T. Evans and W. J. Peacock (eds.). Wheat Science – Today and Tomorrow, pp. 75-89. Cambridge University Press, Cambridge.

Seetharaman, R., S. D. Sharma and S. V. S. Shasty. 1972. Germplasm conservation and use in India. *In* : Rice Breeding, pp. 187-199. IRRI. Los Baños, Philippines.

Seidewitz, L. 1974. The sources for the international standardization of genbank documentation, Part I, 2nd ed. FAL, Braunschweig, F. R. Germany .

Shands, H. C. and L. E. Wiesnt (eds.). 1991. Use of Plant Introductions in Cultivar Development. Part 1. 164 pp. CSSA Spec. Pub. 17. Crop Science Society of America, Madism, WI.

Sharma, S. D. 1983. Conservation of wild species of *Oryza*. *In*: Rice Germplasm Conservation Workshop Proceedings, pp. 21-26. IRRI. Los Baños, Philippines.

Sharma, S. D., J. M. R. Vellanki, K. L. Hakim and R. K. Singh. 1971. Primitive and current cultivars of rice in Assam – a rich source of valuable genes. Curr. Sci.40: 126-128.

Shen, J. H. 1980. Rice breeding in China, pp. 9-30. *In* : Rice Improvement in China and Other Asian Countries. IRRI. Los Baños, Philippines.

Silvey, V. 1978. The contribution of new varieties to increasing cereal yield in England and Wales. J. Nat. Inst. Agr. Bot. 14: 367-384.

Simmonds, N. W. (ed.). 1976. Evolution of crop plants. Longman, London.

Simmonds, N. W. 1962. Variability in Crop Plants, its use and conservation. Biol. Rev. 37: 442-465.

Simmonds, N. W. 1983. Plant breeding : the state of the art. *In*: T. Kosuge, C. P. Meredith and A. Hollaender (eds.). Genetic Engineering of Plants: an Agricultural Perspective, pp. 5-25. Plenum, New York.

Simpson, C. E. 1984. Plant exploration : planning, organization and implementation with special emphasis on *Arachis*. *In*: Crop Science Society of America Special Publication 8, pp. 1-20.Madison, Wisconsin.

Singh, H. B. 1973. Far East—India. *In* : O. H. Frankel (ed.). Crop genetic resources in their centres of diversity, pp. 127-141. FAO / IBP / Rome.

Skovmand, B., et al. 1995. International activities in wheat germplasm: CIMMYT's perspectives. *In*: Duncan, R. R. (ed.), International Germplasm Transfer : Past and Present, pp. 135-147. CSSA Spec. publ. 23. CSSA-ASA, Madison, WI.

Smartt, J. and N. W. Simmonds (eds.). 1995. Evolution of Crop Plants. 2nd ed., 531 pp. Longman Scientific Technical, Harrow, Essex.

Smith, A. G. and A. Hallam. 1970. The fit of the southern continents . Nature 225 : 139-144.

Smith, S. 1984. The plant breeder's perspective on genetic diveristy: a reply to Pat Mooney's The Law of the Seed. Diversity 6: 19, 23.

Sneep, J. and A. J. T. Hendriksen (eds.). 1979. Plant Breeding Perspectives . Pudoc, Wageningen.

Solheim, W. G., II. 1972. An earlier agricultural revolution. Sci. Amer. 226 (4) : 34-41.

Sprague, G. F. (ed.). 1976. Corn and corn improvement. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Sprague, G. F., D. E. Alexander and J. W. Dudley. 1980. Plant breeding and genetic engineering : a perspective. BioScience 30 : 17-21.

Stalker, H. T. 1980. Utilization of wild species for crop improvement. Adv. Agron. 33: 111-147.

Stalker, H. T. and J. P. Murphy (eds.). 1992 Plant Breeding in the 1990s. 539 pp. CAB International , Wallingford, Oxon.

Stephens, J. C., F. R. Miller and D. T. Rosenow. 1967. Conversion of alien sorghums to early combine genotypes. Crop Sci. 7: 396.

Stevenson, G. C. 1965. Genetics and Breeding of Sugarcane. Longman, London.

Strobel, G. A. 1980. Potentials for improving crop production. *In* : I. Rubenstein, B. Gengenback, R. L. Phillips and C.E. Green (eds.). Genetic Improvement of Crops—Emerging Techniques, pp. 3-23. University of Minnesota Press. Minneapolis, Minn.

Stuber, C. W. 1978. Exotic sources for broadening genetic diversity in corn breeding programs. *In* : Proc, 33rd Annual Corn and Sorghum Research Conference, pp. 34-47. American Seed Trade Association. Washington, D. C.

Suzuki, S. and K. Kumagai. 1981. Present status of genetic resource information management in Japan. *In* : Proc. Symposium on Technical Aspects of Plant Genetic Resources, pp. 1-17. Japanese Science Council. Tokyo.

Swaminathan, M. S. 1982. Biotechnology research and Third World agriculture. Science 218: 967-972.

Swaminathan, M. S. 1983a. Rice research strategies for the '80s. Mazingira 7(3) : 36-45.

Swaminathan, M. S. 1983b. Genetic conservation : microbes to man . Presidential address, XV International Congress of Genetics, New Delhi, India.

TAC / FAO. 1972. The collection, evaluation and conservation of plant genetic resources. Report of the TAC *ad hoc* Working Group, Beltsville. TAC Secretariat / FAO. Rome.

Takahashi, R. 1955. The origin and evolution of the cultivated barley. Adv. Genet. 7 : 227-

266.

Takeda, K. and K. J. Frey. 1976. Contributions of vegetative growth rate and harvest index to grain yield in progenies from *Avena sativa* x *A. sterilis* crosses. Crop Sci 16 : 817-821.

Tanaka, A. and collaborators. 1964. Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. IRRI. Tech. Bull. 3.

Tanaka, A. and S. Yoshida. 1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. IRRI Tech. Bull. 10.

Tanaka, A., K. Kawano and J. Yamaguchi. 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. IRRI. Tech. Bull. 7.

Tateoka, T. 1964. Taxonomic studies of the genus *Oryza*, pp. 15-21. *In* : Rice Genetics and Cytogenetics. Elsevier, Amsterdam.

Terao, H. and U. Mizushima. 1939. Some considerations on the classification of *Oryza sativa* L. into two subspecies, so-called *japonica* and *indica*. Japan J. Bot. 10 : 213-285.

Thomas, H. and T. Aung 1978. The transfer of mildew resistance from the tetraploid wild oat *Avena barbata* into the cultivated oat. *In* : E. Sanchez-Monge and F. Garcia-Olmedo (eds.). Interspecific Hybridization in Plant Breeding, pp. 109-112. Universidad Politecnica de Madrid. Madrid.

Thompson, B. K. and B. R. Baum. 1978. Preparation of a barley register: an information retrieval system for cultivars. Taxon 27 : 471-477.

Thorne, J. C. and W. R. Fehr. 1970. Exotic germplasm for yield improvement in 2-way and 3-way soybean crosses. Crop Sci. 10 : 677-678.

Timothy, D. H. and M. M. Goodman. 1979. Germplasm preservation : the basis of future feast or famine genetic resources of maize—an example. *In* : I. Rubenstein, R. L. Phillips, C. E. Green and B. G. Gengenbach (eds.). The Plant Seed: Development, Preservation and Germination, pp. 171-200. Academic, New York.

Timothy, D. H. and collaborators. 1961. Races of maize in Chile. Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council Publ. 847. Washington, D. C.

Timothy, D. H. and collaborators. 1963. Races of maize in Ecuador. Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council Publ. 975. Washington, D. C.

Ting, Y. 1933. Wild rice of Kwangtung and new variety bred from the hybrids of wild rice with cultivated rice. Sun Yatsen Univ. Agron. Bull.3 : 1-22.

Ting, Y. 1949. Chronological studies of the cultivation and the distribution of rice varieties keng and sen (in Chinese.). Sun Yatsen Univ. Agron. Bull. 6 : 1-32.

Ting, Y. (ed.). 1961. Chinese Culture of Lowland Rice (in Chinese). Agricultural Publishing Society, Peking.(丁穎：中國水稻學)

Toll, Jane, N. M. Anishetty and G. Ayad. 1980. Directory of germplasm collections. III. Cereals. 3. Rice. IBPGR. Rome.

Towill, L. E. 1988. Genetic considerations for germplasm preservation of clonal materials. HortScience 23:91-95.

Towill, L. E. and E. E. Roos. 1989. Techniques for preserving of plant germplasm. *In*: Knutson, L. and A. K. Stoser (eds.), Biotic Diversity and Germplasm Preservation --

Global Imperatives, pp. 329-403, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Tsunoda , S. 1965. Leaf characters and nitrogen response. *In* : Mineral Nutrition of the Rice Plant, pp. 401-418. Johns Hopkins Press, Baltimore.

UN (United Nations). 1981. World population prospects as assessed in 1980. Population studies 78. United Nations Department of International Economic and Social Affairs. New York.

USDA (United States Department of Agriculture). 1936. Yearbook of Agriculture 1936. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C.

USDA (United States Department of Agriculture). 1937. Yearbook of Agriculture 1937. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C.

Vanghan, D. A. and T. T. Chang. 1980. Genetic diversity in rice germplasm of selected countries in tropical Asia: Bangladesh, Indonesia and Sri Lanka. Pl. Genet. Resour. Newslett. 42:2-6.

Varnell, R. J. and D. E. McCloud (eds.). 1975. Germplasm preservation and genotype evaluation in *Arachis* (peanuts). International Peanut Program, IBPGR-RF-University of Florida. Gainesville. Florida.

Vasal, S. K., A. Ortega C., and S. Pandey. 1982. CIMMYT's maize germplasm management, improvement and utilization program. CIMMYT. El Batan, Mexico.

Vaughan, D. A. 1994. The Wild Relatives of Rice. 137 pp. IRRI, Manila, Philippines.

Vaughan, D. A. and T. T. Chang. 1992. *In situ* conservation of rice genetic resources. Econ. Bot. 46: 368-383.

Vavilov, N. I. 1926. Studies on the Origin of Cultivated Plants. Trudy Byuro Prikl. Bot. 16:139-248.

Vavilov, N. I. (ed.). 1935. Theoretical Bases of Plant Breeding (in Russian), V.2. Special part: grain and forage crops. Moscow and Leningrad.

Vavilov, N. I. 1951. Phytogeographic Basis of Plant Breeding. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants (K. S. Chester, translator). Chronica Botanica 13: 1-366.

Vavilov, N. I. 1957. World resources of cereals, leguminous seed crops and flax, and their utilization in plant breeding. Academy of Sciences of the USSR, Moscow (transl. by M. Paenson and Z. S. Coe, NSF, USDA and Israel Program for Scientific Translation).

Vello, N. A., W. R. Fehr and J. B. Bahrenfus, 1984. Genetic variability and agronomic performance of soybean populations developed from plant introductions. Crop Sci. 24: 511-514.

Venkataraman, G. S. and I. Watanabe. 1982. Rice research strategies in selected areas: soil and plant nutrients—biological nitrogen fixation. *In*: Rice Research Strategies for the Future, pp. 315-326. IRRI. Los Baños, Philippines.

Vergara, B. S. 1976. Physiological and morphological adaptability of rice varieties to climate, pp. 67-86. *In*: Climate and Rice. IRRI Los Baños, Philippines.

Vergara, B. S. and T. T. Chang. 1976. The flowering response of the rice plant to photoperiod. IRRI. Los Baños, Philippines.

Vergara, B. S. and N. N. Dikshit. 1982. Research strategies for rice areas with excess water.

In: Rice Research Strategies for the Future, pp. 187-199. IRRI. Los Baños, Philippines.

Vergara, B. S. and collaborators. 1976. Screening of the rice germplasm for low temperature tolerance at different stages of growth. SABRAO J. 8: 97-104.

Vertucci, C. W. and E. E. Roos. 1990. Theoretical basis of protocols for seed storage. Plant Physiol. 94: 1019-1023.

Vishnu-Mittre. 1976. Discussion. *In*: The Early History of Agriculture. Phil. Trans. Roy. Soc. London B275: 141.

Vogel, O. A., R. W. Allen and C. J. Peterson. 1963. Plant and performance characteristics of semidwarf winter wheats producing most efficiently in eastern Washington. Agron. J. 55: 397-398.

Waldron, L. R. 1920. First generation crosses between two alfalfa species. J. Amer. Soc. Agron. 12: 133-143.

Walker, J. C. 1957. Plant Pathology. McGraw Hill, New York.

Wallace, H. A. 1961. Origin and utilization of germplasm in the United States. *In*: R. E. Hodgson (ed.). Germplasm Resources. pp. 77-88. Amer. Assoc. for Adv. Sci. Publ. 66.

Watabe, T. (ed.). 1972. Origin and alteration of cultivated rice in the Indian subcontinent. Prelim. Report Tottori Univ. Scientific Survey, 1971. Tottori University, Japan.

Watabe, T. (ed.). 1980. Some Aspects of Historical Changes of Rice. Kyoto University. Kyoto, Japan.

Watabe, T., T. Akihama and O. Kinoshita, 1970. The alteration of cultivated rice in Thailand and Cambodia. Southeast Asian Studies 8: 36-45.

Watanabe, I. and S. Brotonegoro. 1981. Paddy fields. *In*: W. J. Broughton (ed.). Nitrogen Fixation, Vol. 1. pp. 243-263. Ecology. Clarendon, Oxford.

Watson, W. 1971. Cultural Frontiers in Ancient East Asia. Edinburgh University Press, Edinburgh.

Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in the tropics. *In*: D. B. Walden (ed.). Maize Breeding and Genetics, pp. 59-84. John Wiley, New York.

Wellhausen, E. J., L. N. Roberts and X. E. Hernandez (in collaboration with P. C. Mangelsdorf). 1952. Races of Maize in Mexico. Bussey Institute, Harvard University.

Wellhausen, E. J., O. Fuentes, H. Alejandro and A. Corro (in collaboration with P. C. Mangelsdorf). 1957. Races of Maize in Central America. National Academy of Sciences—National Research Council Publ. 511.

Wet, J. M. J., de. 1979. Tripsacum introgression and agronomic fitness in maize (*Zea mays* L.). *In*: A. C. Zeven and A. M. van Harten (eds.). Proc. Conference on Broadening the Genetic Base of Crops, pp. 203-210. Pudoc, Washington.

Westwood. M. N. 1989. Maintenance and storage: clonal germplasm. *In*: The National Plant Germplasm System of the United States, J. Janick, (ed.), pp. 111-128. Plant Breeding Reviews v.7. Timber Press, Portland, Oregon.

Wet, J. M. J. de, J. R. Harlan and E. G. Price. 1976. Variability in *Sorghum bicolor*. *In*: J. R. Harlan, J. M. J de. Wet and B. L. Stemler (eds.). Origin of African plant domestication, pp. 453-463. Mouton, Hague.

White, G. A. H. L. Shands, and G. R. Lovell. 1989. History and operation of the National Plant Germplasm System of the United States, *In*: J. Janick (ed.). Plant Breeding Reviews v.7. pp. 5-56. Timber Press, Portland, Oregon.

Whyte, R. O. 1958. Plant exploration, collection and introduction. FAO Agric. Studies 41. FAO. Rome.

Whyte, R. O. 1972. The Gramineae, wild and cultivated of monsoonal and equatorial Asia. I. Southeast Asia. Asian Perspect. 15: 127-151.

Whyte, R. O. and G. Julen (eds.). 1963. Proceedings of a Technical Meeting on Plant Exploration and Introduction (1961). Genetica Agraria 17: 9-573.

Wilkes, G. 1983. Current status of crop plant germplasm. CRC Critical Review in Plant Sci. ·1(2): 133-181.

Wilkes, H. G. and S. Wilkes. 1972. The Green Revolution. Environment 14(8): 32-39.

Wilkins, C. P., T. Bengochea and J. H. Dodds. 1982. The use of *in vitro* methods for plant genetic conservation. Outlook Agric. 11(2): 67-72.

Williams, J. T. 1978. Plant exploration: capturing genetic variability. *In*: J. G. Hughes(ed.). Conservation of Plant Genetic Resources, pp. 14-25. Proc. British Assoc. Adv. Sci. section K. University of Aston. Birmingham.

Williams, J. T. 1984. The international germplasm program of the International Board for Plant Genetic Resources. *In*: Crop Science Society of America Special Publication 8, pp. 21-25. Madison, Wisconsin.

Williams, J. T and J. L. Lamoureux and N. Wulijarni-Soetjipto (eds.). 1975. South East Asian Plant Genetic Resources. Proc. of a Symposium on South East Asian Plant Genetic Resources, Bogor, Indonesia.

Witcombe, J. R. and A. R. Rao. 1976. The genecology of wheat in a Nepalese centre of diversity. J. Appl. Ecol. 13: 915-924.

Witcombe, J. R. and M. M. Gilani. 1979. Variation in cereals from the Himalayas and the optimum strategy for sampling plant germplasm. J. Appl. Ecol. 16: 633-640.

Witcombe, J. R. and W. Erskine (eds.). 1984. Genetic Resources and Their Exploration: chickpeas, faba beans and lentils. Mar tinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Hague.

Withers, Lyndsey A. 1980. Tissue culture storage for genetic conservation. Tech, Report 8. IBPGR. Rome.

Withers, L. A. 1993. New technologies for the conservation of plant genetic resources *In*: Buxton D. R.(eds.), International Crop Science I, pp. 429-435, Crop Science Society of America. Madison, WI.

Withers, L. A. and J. T. Williams. 1985. Research on long-term storage and exchange of *in vitro* plant germplasm. *In*: Biotechnology in International Agricultural Research, pp. 10-24. IRRI, Manila.

Woodstock, L. W., S. Maxson, K. Faul and l. Bass. 1983. Use of freeze-drying and acetone impregnation with natural and synthetic anti-oxidants to improve storability of onion, pepper and parsley seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 692-696.

Wu, Z. Y. (ed.). 1980. Vegetation of China (in Chinese). Science Press, Peking, China.

Wynne, J. C. and W. C. Gregory. 1981. Peanuts breeding. Adv.Agron. 34: 39-72.

Yen, D. E. 1970. Sweet potato. *In*: O. H. Frenkel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants－Their Exploration and Conservation, pp. 341-350.Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

Yen, D. E. 1982. Sweet potato in historical perspectives. *In*: Villareal, R. L. and T. D. Gragfs (eds.), Proc First Int, Sweet Potato Sympos., pp. 17-30. AVRDC, Tainan.

Yin, C. H. and S. T. Kuo. 1978. Stratigraphy of the Mount Jolmo Lungma and its north slope. Scientia Sinica 21: 629-644.

Yoshida, S., J. H. Cock and F. T. Parao. 1972. Physiological aspects of high yields. *In*: Rice Breeding, pp. 455-467. IRRI. Los Baños, Philippines.

Yoshida, S. and F. T. Parao. 1976. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. *In*: Climate and Rice, pp. 471-494. IRRI. Los Baños. Philippines.

Zadoks, J. C., T.T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. EUCARPIA Bull. 7:42-52.

Zaman, S. M. H., M. A. Choudhury and M. S. Ahmad. 1972. Progress in rice breeding in East Pakistan. *In*: Rice Breeding, pp. 151-156. IRRI. Los Baños, Philippines.

Zeven, A. C. and P. M. Zhukovsky. 1975. Dictionary of Cultivated Plants and Their Centres of Diversity. Pudoc, Wageningen.

Zhang. Y. and Y. Dong. 1989. Development of research on crop germplasm resources in China. *In*: Knatson, L. and A. K. Stoner(eds.) Biotic Diversity and Germplasm Preservation--Global Imperatives. pp. 117-125. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Zhu, H. T. 1982. Preservation of biological resources during pre-Qin period (in Chinese). Nongye Kaogu (Agric. Archaeol.) 1:11-13.

Zhukovsky, P. M. 1970. The world gene pool of plants for breeding (megagene-centers and microgene-centers)(in Rissian). *In*: N. I. Vavilov and agricultural science. USSR Academy of Sciences. Moscow.

Zhukovsky, P. M. 1975. World gene pool of plants for breeding. Mega-genecenters and Endemic Micro-genecenters. USSR Academy of Sciences, Leningrad.

Zillinksy, F. J. 1974. The development of Triticale. Adv. Agron. 26: 315-348.

Zohary, D. 1970. Centers of diversity and centers of origin. *In*: O. H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic Resources in Plants－Their Exploration and Conservation, pp. 33-42. Blackwell Scientific, Oxford and Edinburgh.

杜金池、范明仁、1993 國家作物種原系統之組織及營運目標。台灣省農業試驗所。台中縣霧峰鄉。

范明仁、1996 中國大陸種原保存概況，台灣省農業試驗所技術服務 25: 22-24

范明仁、林俊義、1996 國家作物種原中心之建立與運作。中華農學會報 176: 122-140。

范明仁、陳述、杜金池、1995 國家作物種原資訊系統。中華農業研究 44(2): 221-228。

張德慈 1979 早期稻作歷史。中華農業史—論集（沈宗瀚，趙雅書編），49-68 頁，台灣商務印書館，台北。

張德慈 1997 綠色革命成果與瞻望。科學農業 45(3,4):88-98。

陳述、范明仁 1995 國家作物種原資訊系統簡介。台灣省農業試驗所技術服務，23:8-9。

應存山、1993 中國稻種資源 551 頁。中國農業科技出版社，北京。

植物遺傳資源－未來植物生產的關鍵

Plant Genetic Resources - Key to Future Plant Production

原　著：張德慈(T. T. Chang)

編訂者：范明仁、黃宜玫

譯校者：范明仁、黃宜玫、陳　述、李紅曦、郭益全、張義璋

出版者：台灣省農業試驗所

Publisher：Taiwan Agricultural Research Institute

地　址：台中縣霧峰鄉 41301 中正路 189 號, Taichung, Taiwan, R.O.C.

電　話：04-3302301

承印者：信成文具印刷公司

台中市興中街 106 號　　(04)2224617

ISBN：精裝 957-00-8629-7　平裝 957-00-8630-0

統一編號：030859860021　　(1997)

統　一　編　號
0308598600021

ISBN：平裝 957-00-8630-0